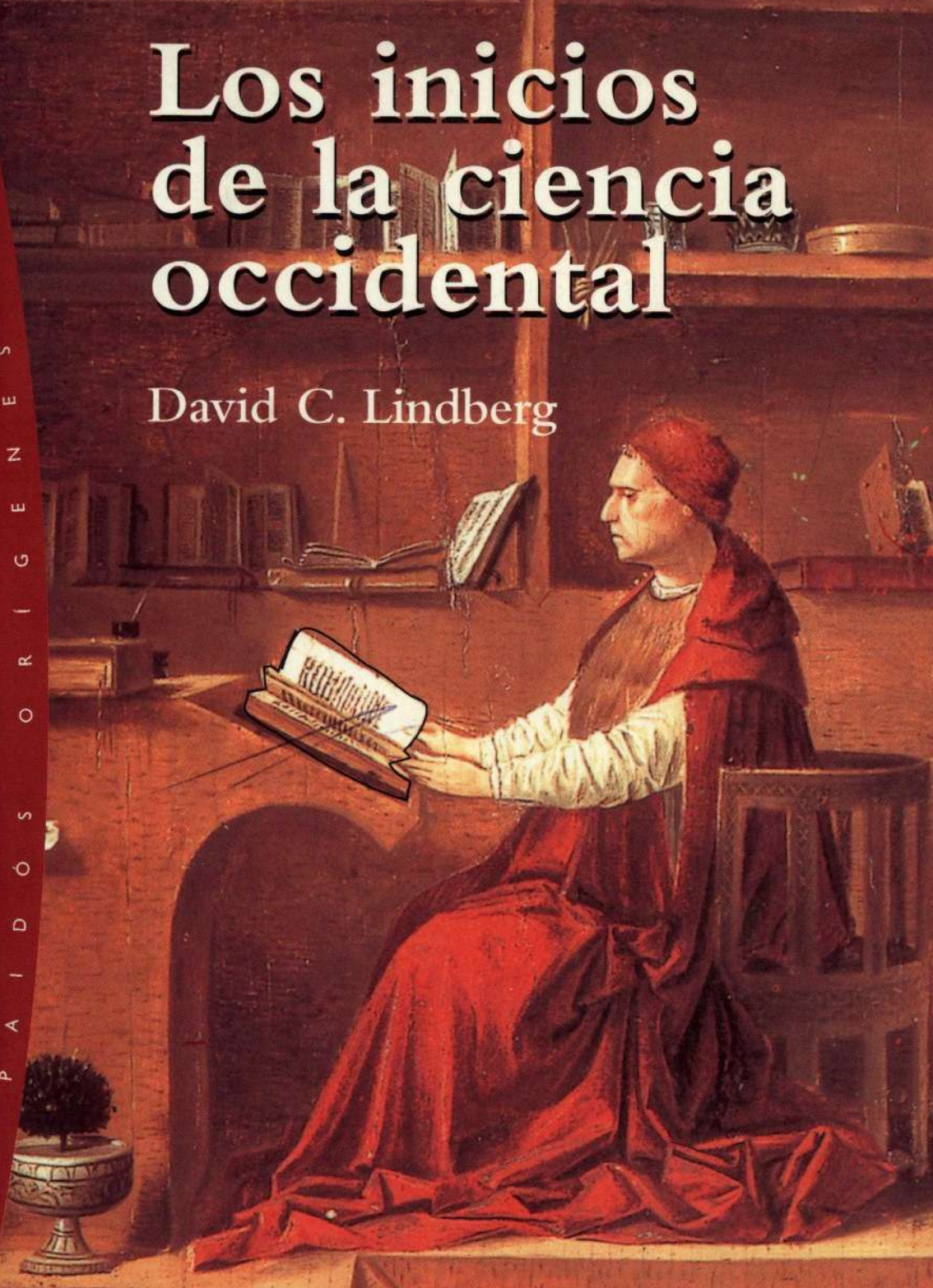
Los inicios de la ciencia occidental

David C. Lindberg



La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a.C. hasta 1450)

PAIDÓS ORÍGENES

LOS INICIOS DE LA CIENCIA OCCIDENTAL

DAVID C. LINDBERG

LOS INICIOS DE LA CIENCIA OCCIDENTAL

La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional

(desde el 600 a.C. hasta 1450)

PAIDÓS
Barcelona
Buenos Aires
México

Título original: *The Beginnings of Western Science*
Publicado en inglés, en 1992, por The University of Chicago Press, Chicago y Londres
Licensed by The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA

Traducción de Antonio Beltrán

Cubierta de Joan Batallé

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

© 1992 by The Univesity of Chicago. All rights reserved.
© 2002 de la traducción, Antonio Beltrán
© 2002 de todas las ediciones en castellano
Ediciones Paidós Ibérica, S. A.,
Mariano Cubí, 92 - 08021 Barcelona
y Editorial Paidós, SAICF,
Defensa, 599 - Buenos Aires
http://www.paidos.com

ISBN: 84-493-1293-0
Depósito legal: B-30.991/2002

Impreso en Gràfiques 92, S. A.,
Av. Can Sucarrats, 91 - 08191 Rubí (Barcelona)

Impreso en España - Printed in Spain

A Marshall Clagett y Edward Grant
que constituyen un ejemplo.

Sumario

Lista de ilustraciones 11
Prefacio 15

1. La ciencia y sus orígenes 21
¿Qué es la ciencia? 21
Actitudes prehistóricas hacia la naturaleza 25
La ciencia babilónica y egipcia 36

2. Los griegos y el cosmos 45
El mundo de Homero y de Hesíodo 45
Los primeros filósofos griegos 50
Los milesios y la cuestión de la realidad última 52
El problema del cambio 58
El problema del conocimiento 60
El mundo de las formas de Platón 62
La cosmología de Platón 66
El logro de la filosofía griega inicial 72

3. La filosofía de la naturaleza de Aristóteles 75
Vida y obras 75
Metafísica y epistemología 76
Naturaleza y cambio 80
Cosmología 84
Movimiento, terrestre y celeste 89
Aristóteles como biólogo 94
El logro de Aristóteles 100

4. La filosofía natural helenística 103
Escuelas y educación 103
El Liceo después de Aristóteles 109
Epicúreos y estoicos 113

5. Las ciencias matemáticas en la antigüedad 121
La aplicación de las matemáticas a la naturaleza 121
Matemática griega 123
La astronomía griega inicial 126
Desarrollos cosmológicos 135
Astronomía planetaria helenística 137
La ciencia de la óptica 145
La ciencia de los pesos 149

6. La medicina griega y romana 153
La medicina griega inicial 153
La medicina hipocrática 156
La anatomía y la fisiología helenísticas 163
Las sectas médicas helenísticas 167
Galeno y la culminación de la medicina helenística 169

7. La ciencia romana y de principios de la Edad Media 179
Griegos y romanos 179
Divulgadores y enciclopedistas 184
Traducciones 195
El papel del cristianismo 198
La educación romana y de principios de la Edad Media 201
Dos de los primeros filósofos naturales de la Edad Media 208

8. La ciencia en el Islam 211
El saber y la ciencia en Bizancio 211
La difusión oriental de la ciencia griega 213
Nacimiento, expansión y helenización del Islam 217
La traducción de la ciencia griega al árabe 220
La respuesta islámica a la ciencia griega 222
El logro científico islámico 227
La decadencia de la ciencia islámica 232

9. La revitalización del saber en Occidente 235
La Edad Media 235
Las reformas carolingias 236
Las escuelas de los siglos XI y XII 243
La filosofía natural en las escuelas del siglo XII 250
El auge de la traducción 259
La aparición de las universidades 262

10. La recuperación y asimilación de la ciencia griega e islámica 273
El nuevo saber 273
Aristóteles y el currículum universitario 274
Puntos conflictivos 277
Resolución: la ciencia como sierva 284
El aristotelismo radical y las condenas de 1270 y 1277 297
Las relaciones entre la filosofía y la teología después de 1277 . 305

11. El cosmos medieval 311
La estructura del cosmos 311
Los cielos 315
La región terrestre 320
La base griega e islámica de la astronomía occidental 330
La astronomía en Occidente 338
La astrología 346

12. La física de la región sublunar 355
Materia, forma y sustancia 356
Combinación y mezcla 360
Alquimia 363
Cambio y movimiento 365
La naturaleza del movimiento 368
La descripción matemática del movimiento 371
La dinámica del movimiento local 380
La cuantificación de la dinámica 384
La ciencia de la óptica 388

13. La medicina y la historia natural medievales 399
La tradición médica de la Edad Media inicial 399
La transformación de la medicina occidental 409

Los profesionales de la medicina 411
La medicina en las universidades 414
Enfermedad, diagnosis, prognosis y terapia 417
Anatomía y cirugía 426
El desarrollo del hospital 433
La historia natural 436

14. El legado de la ciencia antigua y medieval 445
El debate sobre la continuidad 445
El logro científico medieval 453

Bibliografía 465
Indice analítico y de nombres 507

Lista de ilustraciones

Mapas

1. El mundo griego hacia el 450 a.C. 53
2. El imperio de Alejandro Magno 104
3. El Imperio romano 180
4. La expansión islámica 219
5. El Imperio carolingio hacia el 814 239
6. Universidades medievales 264

Figuras

1.1. Tablilla de arcilla babilónica 39
1.2. Papiro médico egipcio 43
2.1. Estatua de Zeus 47
2.2. Santuario en Delfos 49
2.3. Ruinas de la antigua Éfeso 56
2.4. Platón 63
2.5. Los cinco sólidos platónicos 69
2.6. La esfera celestial según Platón 70
3.1. Aristóteles 76
3.2. Cuadro de la oposición de los elementos 86
3.3. El cosmos aristotélico 88
4.1. El Partenón 107
4.2. Las escuelas de la Atenas helenística 107
4.3. Epicuro 114
5.1. Inconmensurabilidad del lado y la diagonal de un cuadrado . . 124
5.2. El método de «exhausción» 125

5.3. El modelo del cosmos de dos esferas 127
5.4. El movimiento retrógrado de Marte 129
5.5. Las esferas de Eudoxo 130
5.6. Las esferas de Eudoxo y la hipopeda 132
5.7. La esferas encajadas de Aristóteles 134
5.8. Método de Aristarco para calcular distancias al Sol y a la Luna . 136
5.9. Modelo excéntrico de Ptolomeo 139
5.10. Modelo de epiciclo sobre deferente de Ptolomeo 140
5.11. Modelo de epiciclo sobre deferente de Ptolomeo (planeta en la parte interior del epiciclo) 140
5.12. El movimiento retrógrado de un planeta explicado 140
5.13. Modelo del ecuante de Ptolomeo 142
5.14. Modelo de Ptolomeo para los planetas superiores 144
5.15. Geometría de la visión según Euclides 146
5.16. Visión por rayos reflejados según Ptolomeo 147
5.17. Teoría de la refracción de Ptolomeo 148
5.18. Instrumento de Ptolomeo para medir ángulos de incidencia y de refracción 148
5.19. El brazo de la balanza 150
5.20. Explicación dinámica del brazo de la balanza 150
5.21. Prueba estática de Arquímedes de la ley de la palanca 151
6.1. Asclepio 155
6.2. Teatro de Epidauro 157
6.3. Hipócrates 157
6.4. Médico griego 168
7.1. Foro romano 181
7.2. Cicerón 186
7.3. Razas de monstruos de Plinio 190
7.4. Teoría de Macrobio sobre la lluvia 191
7.5. Marciano Capella, sobre los movimientos de Venus y de Mercurio 196
7.6. Un monje en su estudio 205
7.7. Un escriba medieval 207
8.1. Texto de Hunayn ibn Ishāq sobre la anatomía del ojo 222
8.2. Mezquita de Ibn Tūlūn 225
8.3. Movimiento de Mercurio según Ibn ash-Shātir 231
8.4. Los ojos y el sistema visual según Ibn al-Haytam 232
8.5. La gran mezquita de Córdoba 234
9.1. Personificación del cuadrivio 240
9.2. Claustro de Santa María de Ripoll 242
9.3. Escena de una escuela de gramática 246
9.4. Catedral de Chartres 248

9.5. Biblioteca encadenada de la catedral de Hereford 249
9.6. Hugo de San Víctor 251
9.7. Dios como arquitecto del universo 254
9.8. Merton College, Oxford 268
9.9. Portal de una de las escuelas medievales, Oxford 268
10.1. Página de la *Física* de Avicena 279
10.2. Basílica de San Francisco, Asís 282
10.3. El esqueleto de Robert Grosseteste 285
10.4. Alberto Magno 289
10.5. Catedral de Notre Dame, París 300
11.1. Cosmología aristotélica simplificada 317
11.2. Teoría del arco iris de Teodorico de Freiberg 322
11.3. Un mapa T-O 324
11.4. Un mapa T-O modificado 325
11.5. Portulano de Fernão Vaz Dourado 326
11.6. Nicolás de Oresme 329
11.7. Astrolabio 335
11.8. Una vista «desplegada» del astrolabio 335
11.9. Proyección estereográfica de los almicantarats 336
11.10. Modelo de la esfera sólida de Ibn al-Haytam 337
11.11. Cuadrante de Profatius Judaeus 340
11.12. Astrónomo observando con un astrolabio 341
11.13. Modelo para uno de los planetas superiores 343
11.14. Las tablas alfonsinas 345
11.15. El astrólogo árabe Albumasar 352
12.1. Aparatos alquímicos 366
12.2. Uso de un segmento de línea para representar la intensidad de una cualidad 375
12.3. Distribución de la temperatura en una varilla 375
12.4. El sistema de representación geométrica de Nicolás de Oresme . 375
12.5. Distribución de las velocidades en un varilla rotatoria 377
12.6. La velocidad como una función del tiempo 377
12.7. Representación de distintos movimientos 377
12.8. Prueba geométrica de la regla de Merton 379
12.9. Radiación incoherente 392
12.10. Mezcla de rayos de luz en el ojo 392
12.11. El cono visual y el ojo en la teoría de la intromisión de Alhacén . 393
12.12. Página de un tratado óptico 396
13.1. Página de un manuscrito griego de Dioscórides 402
13.2. La curación milagrosa de una pierna 405
13.3. Instrumentos quirúrgicos árabes 408
13.4. Constantino el Africano 411

13.5. Fetos en el útero 413
13.6. Trotula 413
13.7. Enseñanza de la medicina 416
13.8. Botica 420
13.9. Gráfico del color de la orina 423
13.10. Diagnóstico por el pulso 424
13.11. Libro médico de faja 425
13.12. Operación de cataratas y de pólipos nasales 428
13.13. Operación de hernia de escroto 429
13.14. Anatomía humana 430
13.15. Disección humana 432
13.16. Hospital medieval 435
13.17. Página de un herbario 437
13.18. Página de un bestiario medieval 441

Prefacio

Las décadas transcurridas desde la Segunda Guerra Mundial han asistido a una explosión de investigación en historia de la ciencia antigua y medieval. Gran parte de esta investigación es de asombrosa calidad, y ha enriquecido enormemente nuestra comprensión de los inicios de la ciencia occidental. Sin embargo, los esfuerzos de interpretación y de síntesis comprensiva requeridos para comunicar los frutos de esta investigación a un número mayor de lectores han sido sorprendentemente escasos. Efectivamente, mientras que la curva de las publicaciones de investigación sigue creciendo, la producción de libros de amplio alcance y dirigidos al lector de cultura general y a los eruditos de otras especialidades parece estar decreciendo.

Un breve repaso de la literatura disponible sobre la ciencia antigua y medieval puede ayudar a mostrarlo. En la posguerra, la primera exposición sustantiva, informada, de la ciencia antigua y medieval apareció en un libro de E. J. Dijksterhuis, publicado originalmente en holandés como *Mechanisering van het Wereldbeeld* (1950), subsecuentemente traducido al inglés como *The Mechanization of the World Picture* (1961). En el momento en el que la traducción inglesa de Dijksterhuis estuvo disponible, el *Agustine to Galileo* (1952) de Alistair Crombie ya llevaba casi una década ayudando a determinar progresivamente el rumbo y a estimular el entusiasmo entre los historiadores de la ciencia medieval. Quizás el éxito de Crombie desalentó la competición. Sea cual sea la razón, pasaron casi veinte años antes de que apareciera otro trabajo sintético sobre la ciencia medieval: el breve *Physical Science in the Middle Ages* (1971) de Edward Grant, seguido tres años más tarde por el de Olaf Pedersen y Mogens Pihl, *Early Physics and Astronomy: A Historical Introduction* (1974), ambos restringidos (como sus títu-

los indican) a las ciencias físicas. Desde el libro de Pedersen y Pihl no ha aparecido nada excepto la colección preparada bajo mi dirección, *Science in the Middle Ages* (1978), que presentaba ordenadamente el talento de dieciséis distinguidos historiadores de la ciencia medieval para interpretar el estado actual de la cuestión para un público relativamente avanzado. Aunque muchos de los ensayos contenidos en *Science in the Middle Ages* mantienen su estatus de gran autoridad, el libro como un todo sufre por la falta de unidad, los vacíos en su alcance y su (creciente) vejez.

Así pues, los únicos libros muy mencionados que tratan de un modo no meramente incidental la ciencia antigua son los de Dijksterhuis y el de Pedersen y Pihl. Para bien o para mal, la ciencia antigua y la ciencia medieval han desarrollado identidades separadas y literaturas interpretativas diferenciadas. El libro de Benjamin Farrington *Greek Science* (en dos partes, publicadas en 1944 y 1949, respectivamente) abrió el camino de la historia de la ciencia griega. Pronto fue sustituido por el acreditado libro de Marshall Clagett, *Greek Science in Antiquity* (1957). Le siguió en 1961 *The Origins of Scientific Thought*, de Giorgio de Santillana. La ciencia romana tuvo un tratamiento separado en *Roman Science* (1962), de William H. Stahl. Y a principios de 1970, G. E. R. Lloyd escribió los dos volúmenes ampliamente elogiados, *Early Greek Science: Thales to Aristotle* (1970) y *Greek Science after Aristotle* (1973), que han dominado el campo de modo indiscutido durante las dos últimas décadas.

Veinte años después de Lloyd y cuarenta después de Crombie (el último autor que ha ofrecido una cobertura plena de la ciencia medieval) no parece demasiado pronto para un nuevo intento. El presente libro es un producto de esta convicción. No espero que reemplace a sus predecesores, especialmente los excelentes volúmenes de Lloyd, sino alcanzar algunas otras metas. En primer lugar, me he esforzado por tomar en cuenta un considerable cuerpo de investigación del que no disponían mis predecesores. (Por ejemplo, alrededor de unos dos tercios de los ítem de la bibliografía al final de este libro no estaban disponibles para Lloyd y Grant, a principios de la década de 1970.) Segundo, uniendo la ciencia antigua y la medieval en un solo volumen, he conseguido la oportunidad de examinar cuestiones de continuidad entre la ciencia antigua y la medieval de un modo que el tratamiento en dos mitades no permite, y también me ha permitido plantear problemas de transmisión que de otro modo tienden a desaparecer en el corte.

Tercero, como el subtítulo de este libro quiere sugerir, creo que he intentado situar la ciencia antigua y medieval en el contexto filosófico, reli-

gioso e institucional (especialmente educativo) más persistentemente que los autores de estudios globales previos. No soy el primero en prestar atención al contexto filosófico. Pero no creo que exista otro estudio moderno que haya tomado en cuenta seriamente el contexto religioso sin empacho y sin un programa apologético o polémico. Si he hecho alguna contribución original, probablemente radica ahí.

Mi propósito en este libro es sintético más que enciclopédico. Me esfuerzo en ser amplio en el alcance, afrontando los grandes temas de la historia de la ciencia antigua y medieval, proporcionando a la vez suficientes datos fiables sobre los hechos para satisfacer las necesidades del lector que en principio no sabe nada sobre el tema. Desde luego, me he apoyado en la erudición acumulada en el pasado, pero no he dudado en ofrecer nuevas interpretaciones y nuevas opiniones sobre viejas disputas históricas. Indudablemente he dependido más de las tradiciones interpretativas de la ciencia antigua (en la que, con toda honestidad, soy un extraño interesado) que de la ciencia medieval (mi propio terreno). Y, obviamente, no pretendo haber logrado todo eso «acertadamente» —o siquiera haber hecho todas las preguntas correctas— ya sea en el periodo antiguo o en el medieval. Lo que espero es que este libro sea recibido como una contribución a un continuo diálogo sobre el tema que aborda.

He escrito teniendo en mente a un público variado. Los pasajes en los que sermoneo al lector sobre los modos adecuados de hacer historia y le advierto contra una variedad de peligros (un lector del manuscrito me ha reprendido por la frecuencia de mi «inoculación anti-Whig») se reconocerán inmediatamente como producto de la larga experiencia docente. Y espero que efectivamente este libro resulte apropiado para el uso en clase. También espero que servirá para el lector de cultura general y los historiadores que no están especializados en la historia de la ciencia antigua y medieval.

Finalmente, dos observaciones sobre las notas a pie de página* y la bibliografía. He usado las notas no sólo con propósitos de documentación y aceptación de deuda académica, sino también como una oportunidad

* A lo largo del presente libro hay numerosas citas, sobre todo de textos antiguos o medievales. En ocasiones, hay traducción castellana de las obras citadas y así se ha indicado en la bibliografía. No obstante, las distintas traducciones incluso a un mismo idioma, sea éste el inglés o el castellano, de obras griegas o latinas presentan a veces diferencias considerables. Tales diferencias pueden aumentar cuando se trata de una traducción inglesa y una castellana de una misma obra clásica. En el caso que nos ocupa esto resultaba muy obvio, y ha hecho aconsejable traducir los textos citados por Lindberg directa-

para un continuo comentario bibliográfico, en el que sugiero fuentes (frecuentemente de un nivel avanzado) en las que el tema en cuestión puede ser proseguido fructíferamente. Segundo, tanto en las notas como en la bibliografía (con el público estudiantil y el lector no especializado en mente) he subrayado mucho la literatura en lengua inglesa. Las fuentes en lenguas extranjeras están incluidas sólo donde me parece que no hay nada comparable en inglés.

Nadie cubre un tema tan amplio como éste sin mucha ayuda, y estoy profundamente en deuda con amigos y colegas que han hecho lo mejor que han sabido para instruirme en las complejidades de sus distintas especialidades y me han sacado de la confusión y el error. No siempre he sido un pupilo apto, y algunos todavía encontrarán en este libro interpretaciones que no les gustan.

Cada capítulo ha sido leído y comentado por colegas conocedores del tema tratado. Mi mayor deuda es con cuatro personas que leyeron el manuscrito de principio a fin y me ayudaron a ver sus deficiencias más manifiestas: Michael H. Shank, Bruce S. Eastwood, Robert J. Richards y Albert Van Helden. Los que han leído uno o más capítulos de sus áreas de competencia son: Thomas H. Broman, Frank M. Glover, Harold J. Cook, William J. Courtenay, Faye M. Getz, Owen Gingerich, Edward Grant, R. Stephen Humphreys, James Lattis, Fannie J. LeMoine, James Longrigg, Peter Losin, A. G. Molland, William R. Newman, Franz Rosenthal, A. I. Sabra, George Saliba, John Scarborough, Margaret Schabas, Nancy G. Siraisi, Peter Sobol, Edith D. Sylla, el fallecido Victor E. Thoren, Sabetai Unguru, Heinrich von Staden y David A. Woodward. El manuscrito fue evaluado por el uso en clase, o usado en test reales en clase, por varios especialistas. Por la información proporcionada quiero dar las gracias a Edward B. Davis, Frederick Gregory, Edward J. Larson, Alan J. Rocke y Peter Ramberg. Por su ayuda en la identificación y obtención de ilustraciones estoy en deuda con Bruce S. Eastwood, Owen Gingerich, Edward Grant, John E. Murdoch y David A. Woodward. Y por los mapas doy las gracias al University of Wisconsin Cartographic Laboratory. Si esta lista es destacable por su longitud, sólo puedo explicar que necesitaba toda la ayuda que podía conseguir.

---

mente de su versión inglesa, sin acudir a las traducciones castellanas existentes de los originales antiguos o medievales. En ningún caso se trata de un juicio de valor sobre las mismas, sino simplemente de que así lo exigía la fidelidad al texto de Lindberg. (*N. del t.*)

La idea de este libro surgió de las discusiones en la Universidad de Florida, en la primavera de 1986, sobre un posible proyecto de un libro de texto de historia de la ciencia. Por la inspiración y el ánimo quisiera dar las gracias a Frederick Gregory (la fuerza impulsora del encuentro) y a otros participantes en las discusiones, incluyendo a William B. Ashworth, Richard Burkhardt, Thomas L. Hankins y Frederic L. Holmes. El libro fue escrito durante mi periodo como director del Institute for Research in the Humanities en la Universidad de Wisconsin. Es improbable que el proyecto hubiera seguido en marcha sin la indefectible eficiencia de mi ayudante administrativa, Loreta Freiling, y el firme estímulo y apoyo de los colegas del Humanities Institute y del Departamento de Historia de la Ciencia. El libro fue terminado durante la estancia de un mes en el Bellagio Study and Conference Center of the Rockefeller Foundation. Estoy en deuda con la fundación y con los directores del Bellagio Center, Francis y Jackie Sutton, por proporcionarme un incomparable marco en el que reflexionar y escribir. Y finalmente, estoy profundamente agradecido por la paciencia de mi esposa, Greta, y mi hijo, Erik, que sirvieron como impagables consultores sobre el estilo de la prosa y conocen este libro como una serie de fragmentos desconectados, sin ninguna secuencia determinada.

Capítulo 1

La ciencia y sus orígenes

¿Qué es la ciencia?

La naturaleza de la ciencia ha sido tema de un vigoroso debate durante siglos, un debate mantenido por científicos, filósofos, historiadores y otras partes interesadas. Aunque no ha surgido un consenso general, varias concepciones de la ciencia han conseguido un fuerte apoyo. 1) Un punto de vista sostiene que la ciencia es el esquema de conducta por el que los humanos han conseguido el control sobre su entorno. Así pues, la ciencia está asociada con las técnicas tradicionales y con la tecnología, y se considera que los pueblos prehistóricos contribuyeron al crecimiento de la ciencia cuando aprendieron cómo trabajar los metales o se dedicaron con éxito a la agricultura. 2) Una opinión alternativa *distingue* entre la ciencia y la tecnología, considerando la ciencia como un cuerpo de conocimiento teórico, y la tecnología como la aplicación del conocimiento teórico para la solución de problemas prácticos. Desde esta perspectiva, la tecnología de la construcción y diseño del automóvil tiene que distinguirse de la mecánica teórica, la aerodinámica y las otras disciplinas teóricas que la guían. Y sólo deben contarse como «ciencias» las disciplinas teóricas.

Los que adoptan este segundo enfoque, considerando la ciencia como conocimiento teórico, generalmente no están dispuestos a admitir que todas las teorías (independientemente de su carácter o contenido) son científicas. Para tales personas la tarea de la definición apenas ha empezado. Si quieren excluir ciertas clases de teorías, deben proponer criterios con los que juzgar una teoría científica y otra no científica. 3) Por eso se volvió muy popular definir la ciencia por la forma de sus

enunciados, enunciados universales, legaliformes, preferiblemente expresados en el lenguaje de las matemáticas. Así, la ley de Boyle (formulada por Robert Boyle en el siglo XVII) afirma que la presión en un gas es inversamente proporcional a su volumen si todo lo demás permanece constante. 4) Si éste parece un criterio demasiado restrictivo, en vez de eso la ciencia puede ser definida por su metodología. En este caso la ciencia se asocia con un conjunto particular de procedimientos, usualmente experimentales, para explorar los secretos de la naturaleza y confirmar o descartar teorías sobre su conducta. Por lo tanto, una afirmación es científica si y sólo si tiene un fundamento experimental. 5) Una definición de este tipo, a su vez, produce fácilmente intentos de definir la ciencia por su estatus epistemológico (esto es, el tipo de garantía que se afirma que poseen sus afirmaciones) o incluso la tenacidad con la que sus practicantes sostienen sus doctrinas. Así Bertrand Russell ha argumentado que «no es *lo que* el hombre de ciencia cree lo que le distingue, sino *cómo* y *por qué* lo cree. Sus creencias son tentativas, no dogmáticas; están basadas en la evidencia, no en la autoridad o en la intuición».[1] Desde este punto de vista, la ciencia es un modo privilegiado de conocer y de justificar el conocimiento de uno.

6) En muchos contextos la ciencia se define no por su metodología o por su estatus epistemológico, sino por su contenido. De este modo, la ciencia es un conjunto particular de creencias sobre la naturaleza, más o menos lo enseñado actualmente de la física, la química, la biología, la geología y similares. Según este test, la creencia en la alquimia, la astrología y la parapsicología es no científica. 7) Los términos «ciencia» y «científico» se aplican a menudo a todo procedimiento o creencia caracterizados por el rigor, la precisión o la objetividad. Según este uso, Sherlock Holmes adoptaba un enfoque científico para la investigación del crimen. 8) Y por último, «ciencia» y «científico» frecuentemente son empleados simplemente como términos generales de aprobación, epítetos que asociamos a lo que sea que queramos aplaudir.

Lo que demuestra este breve e incompleto repaso es algo que quizá debería haber sido obvio desde el principio: a saber, que muchas palabras (incluyendo la mayoría de las interesantes) tienen múltiples significados, que varían con el contexto particular de uso. Dichos significados a veces son mutuamente compatibles y complementarios, y a veces no. Además, parece fútil intentar eliminar la diversidad de uso. Después de

1. Bertrand Russell, *A History of Western Philosophy*, 2ª ed., pág. 514.

todo, el lenguaje no es un conjunto de reglas fundamentadas en la naturaleza del universo, sino un conjunto de convenciones adoptado por un grupo de gente. Y cada uno de los significados del término «ciencia» discutido anteriormente es una convención aceptada por una comunidad de tamaño determinable, que es improbable que renuncie a su uso favorito sin lucha. O, para plantear la cuestión de modo ligeramente diferente, la lexicografía debe aplicarse como un arte descriptivo, más que prescriptivo. Por eso debemos aceptar que el término «ciencia» tiene distintos significados, todos ellos legítimos.

Incluso si pudiéramos encontrar una definición de la ciencia moderna que satisficiera a todos, el historiador todavía se enfrentaría a un problema difícil. Si el historiador tuviera que investigar las prácticas y creencias del pasado sólo en la medida en que estas prácticas y creencias se parecen a la ciencia moderna, el resultado sería una imagen distorsionada. La distorsión sería inevitable porque la ciencia ha cambiado en contenido, forma, método y función; y por eso el historiador no estaría respondiendo al pasado tal como existió, sino mirándolo mediante unas coordenadas que no le corresponden con exactitud. Si queremos hacer justicia a la empresa histórica, debemos tomar el pasado tal como fue. Y esto significa que debemos resistir la tentación de registrar el pasado en busca de ejemplos o precursores de la ciencia moderna. Debemos respetar el modo en que las generaciones anteriores se aproximaron a la naturaleza aceptando que, incluso aunque puede diferir del modo moderno, tiene interés porque es parte de nuestra ascendencia intelectual. Éste es el único modo indicado de comprender cómo hemos llegado a ser lo que somos. El historiador, pues, necesita una definición muy amplia de «ciencia», que le permita la investigación de un amplio espectro de prácticas y creencias que subyacen a, y nos ayudan a comprender, la moderna empresa científica. Necesitamos ser abiertos e incluyentes, en lugar de estrechos y excluyentes, y deberíamos contar con que cuanto más atrás vayamos, más abiertos tendremos que ser.[2]

Esta advertencia es especialmente importante para cualquiera que se embarque en un estudio de los mundos antiguo y medieval. Si restringiéramos nuestra atención a las anticipaciones de la ciencia moderna, nos estaríamos concentrando en un ámbito de actividad muy restringido, de-

2. Este punto ha sido bien tratado por David Pingree, «Helenophilia versus the History of Science», transcripción de una conferencia dada en la Universidad de Harvard, en noviembre de 1990.

formándola sin duda al hacerlo, y pasando por alto muchas de las creencias y prácticas de la cultura antigua y medieval que debieran ser objeto de nuestro estudio, aquellas que nos ayudarán a comprender el desarrollo, mucho después, de la ciencia moderna.

En las páginas que siguen, haré todo lo posible para seguir mi propio consejo, adoptando una definición de ciencia tan amplia como la de los propios personajes históricos cuyos esfuerzos intelectuales tratamos de comprender. Desde luego, esto no significa que todas las distinciones estén prohibidas. Distinguiré entre los aspectos artesanal y teórico de la ciencia —una distinción en la que muchos de los propios eruditos antiguos y medievales hubieran insistido— y centraré mi atención en el último.[3] La exclusión de la tecnología y de los oficios de esta narración no significa tanto una indicación de su importancia relativa como la aceptación de la magnitud de los problemas a los que hace frente la historia de la tecnología y a su estatus como una especialidad histórica distinta que tiene sus propios especialistas. Me centraré en los inicios del *pensamiento* científico, y esto ya supondrá un desafío suficiente.

Un último comentario sobre la terminología. Hasta ahora he utilizado sistemáticamente el término «ciencia». Sin embargo ha llegado el momento de introducir las expresiones alternativas «filosofía natural» y «filosofía de la naturaleza», que también aparecerán frecuentemente en este libro. ¿Por qué son necesarias estas nuevas expresiones, y qué pretenden expresar? El término «ciencia» tiene connotaciones, antiguas y modernas, que lo diferencian algo (y en algunos contextos) de los temas a los que se dirige nuestra investigación. El término moderno tiene toda la ambigüedad apuntada más arriba, y los términos antiguos (*scientia* en latín, *epistéme* en griego) eran aplicables a cualquier sistema de creencias caracterizado por el rigor y la certeza, tanto si tenía que ver con la naturaleza como si no. Así, en la Edad Media era usual referirse a la teología como una ciencia (*scientia*). Este libro investigará los intentos antiguos y medievales de investigar la *naturaleza*, y el nombre menos ambiguo para esta empresa era y es «filosofía natural» o «filosofía de la naturaleza».

Pero es importante que no interpretemos el uso de estas últimas expresiones como una degradación de la investigación medieval de la naturaleza hasta un estatus inferior a lo «científico». Haríamos bien en recordar que la filosofía natural fue la aventura intelectual en la que luminarias

3. Sobre las actitudes antigua y medieval hacia la tecnología, véase Elspeth Whitney, *Paradise Restored*.

científicas tan importantes como Isaac Newton (a finales del siglo XVII) subsumían su propio trabajo, titulando su gran libro sobre mecánica y teoría gravitatoria *Principios matemáticos de la filosofía natural.* La filosofía natural, la investigación de la naturaleza, era concebida por Newton, así como por sus predecesores antiguos y medievales, como una parte integral de una exploración filosófica más amplia de la realidad total a la que se enfrentan los humanos.

En este libro utilizaré un vocabulario variado, haciendo concesiones prácticas a la heterogeneidad del uso habitual. Usaré frecuentemente la expresión «filosofía natural» bien para denotar la empresa científica como un todo o bien para significar su lado más filosófico. El término «ciencia» también será empleado, la mayoría de las veces, como un sinónimo de «filosofía natural», otras para designar los aspectos más técnicos de la filosofía natural, y de vez en cuando simplemente porque el uso convencional exige este término en un cierto contexto. Se hablará mucho simplemente de «filosofía», pues no hay esperanza de entender la filosofía natural si ignoramos la empresa más amplia a la que pertenecía. Y, desde luego, haré referencia frecuentemente a las subdisciplinas de la filosofía natural, las ciencias específicas: matemáticas, astronomía, física, óptica, medicina, historia natural y similares. Una cuidadosa atención al contexto aclarará el significado en cada caso.

Actitudes prehistóricas hacia la naturaleza

Desde el principio, la supervivencia de la raza humana ha dependido de su habilidad para hacer frente al entorno natural. Los pueblos prehistóricos desarrollaron impresionantes tecnologías para satisfacer las necesidades de la vida. Aprendieron cómo fabricar herramientas, a encender el fuego, a conseguir abrigo, caza, pesca, y a coger frutas y vegetales. Tener éxito en la caza y conseguir comida (y, después del 7000 u 8000 a.C. aproximadamente, introdujeron la agricultura) requería un importante conocimiento de la conducta animal y de las características de las plantas. En un nivel más avanzado, el hombre prehistórico aprendió a distinguir entre las hierbas venenosas y las terapéuticas. Desarrolló una variedad de oficios, incluida la alfarería, la tejeduría y la metalistería. Hacia el 3500 ya habían inventado la rueda. Eran conscientes de las estaciones y percibían la conexión entre las estaciones y ciertos fenómenos celestes. En resumen, sabían bastante sobre su entorno.

Pero la palabra «saber», aparentemente tan clara y simple, es casi tan difícil como el término «ciencia». Efectivamente, nos retrotrae a la distinción entre tecnología y ciencia teórica, discutida más arriba. Una cosa es saber cómo hacer las cosas, y otra conocer por qué estas se comportan cómo lo hacen. Uno puede meterse a carpintero de modo sofisticado y con éxito, por ejemplo, sin ningún conocimiento teórico de las tensiones en las maderas que emplea. Un electricista que únicamente tenga un conocimiento de lo más rudimentario de la teoría de la electricidad puede hacer la instalación eléctrica de la casa satisfactoriamente. Es posible distinguir entre hierbas venenosas y terapéuticas sin tener ningún conocimiento de bioquímica que explicaría las propiedades venenosas y terapéuticas. Lo significativo es simplemente que las reglas prácticas por lo general pueden ser efectivamente empleadas incluso con una total ignorancia de los principios teóricos que subyacen a éstas. Se puede «saber-cómo» sin conocimiento teórico.

Así pues, debería resultar claro que en términos prácticos o tecnológicos, el conocimiento de los seres humanos prehistóricos era grande y creciente. ¿Pero y en cuanto al conocimiento teórico? ¿Qué «sabía» o creía el hombre prehistórico sobre los orígenes del mundo en el que vivía, su naturaleza y las causas de sus numerosos y distintos fenómenos? ¿Se hacía este tipo de preguntas? Disponemos de muy pocos datos sobre el tema. La cultura prehistórica es por definición cultura oral; y las culturas orales, en tanto siguen siendo exclusivamente orales, no dejan restos escritos. Sin embargo, un examen de los hallazgos de los antropólogos que estudian las tribus ágrafas en los siglos XIX y XX, junto con la cuidadosa atención a los restos del pensamiento prehistórico transmitidos por los primeros documentos escritos, nos permitirá formular unas pocas generalizaciones tentativas.

Para la investigación de la cultura intelectual en una sociedad ágrafa es fundamental comprender el proceso de la comunicación. En ausencia de la escritura, la única forma de comunicación verbal es la palabra hablada; y el único almacén de conocimiento son los recuerdos de los miembros individuales de la comunidad. La transmisión de ideas y creencias en una cultura de este tipo se produce sólo en el encuentro cara a cara, a través de un proceso que ha sido caracterizado como «una larga cadena de conversaciones entrelazadas» entre sus miembros. La porción de estas conversaciones consideradas suficientemente importantes para ser recordadas y transmitidas a las sucesivas generaciones forma la base de una tradición oral, que sirve como principal depósito para la expe-

riencia colectiva y las creencias generales, actitudes y valores de la comunidad.[4]

Hay una importante característica de la tradición oral que exige nuestra atención, a saber: su fluidez. Es típico de la tradición oral estar en un continuo estado de evolución, mientras absorbe nuevas experiencias y se adapta a nuevas condiciones y necesidades dentro de la comunidad. Ahora bien, esta fluidez de la tradición oral causaría una extrema perplejidad si la función de la tradición oral estuviera pensada para la comunicación de datos científicos o históricos abstractos, el equivalente oral de un archivo histórico o de un informe científico. Pero una cultura oral, al carecer de la capacidad de escribir, ciertamente no puede crear archivos o informes. En realidad, una cultura oral carece incluso de la *idea* de escribir y en consecuencia debe carecer incluso de la *idea* de un archivo histórico o de un informe científico.[5] La función primaria de la tradición oral es práctica, consiste en explicar y de este modo justificar la estructura y el estado presente de la comunidad, proporcionándole un «estatuto social» en continua evolución. Por ejemplo, una explicación de los acontecimientos pasados puede emplearse para legitimar roles de liderazgo actuales, derechos de propiedad o la presente distribución de los privilegios y obligaciones. Y para servir de modo efectivo a esta función, la tradición oral debe ser capaz de adaptarse bastante rápidamente a los cambios en la estructura social.[6]

Pero aquí estamos interesados principalmente en el *contenido* de las tradiciones orales, especialmente en aquellas partes del contenido que tratan de la naturaleza del universo, es decir, las porciones que pueden ser consideradas como los ingredientes de una visión del mundo o de una cosmología. Tales ingredientes existen en toda tradición oral, pero a menudo bajo la superficie, raramente articulados, y casi nunca ensamblados en un todo coherente. Se sigue de ahí que debemos ser extremadamente

4. La discusión de la tradición oral en esta sección debe mucho a Jack Goody e Ian Watt, «The Consequences of Literacy» (pág. 306 para la frase citada); Jack Goody, *The Domestication of the Savage Mind*; y Jan Vansina, *Oral Tradition as History*. Véase también Bronislaw Malinowski, *Myth and Primitive Psychology*.

5. Esto es indudablemente característico de las culturas prehistóricas. Las comunidades ágrafas contemporáneas pueden haber visto u oído algo sobre el escribir por el contacto con el mundo letrado exterior; pero hasta que ellos mismos no han aprendido a escribir es dudoso que pueda decirse que han captado la *idea* de escribir.

6. Goody y Watt, «The Consequences of Literacy», págs. 307-311. Sobre la tradición oral como «fuero», véase Malinowski, *Myth in Primitive Psychology*, págs. 42-44.

reticentes a articular la visión del mundo de las personas ágrafas en su nombre, porque eso no puede hacerse sin que *nosotros* aportemos los elementos de coherencia y sistema y, por tanto, distorsionando las concepciones que estamos tratando de representar. Aún así, podemos formular conclusiones firmes sobre los ingredientes o elementos de la visión del mundo dentro de tradiciones orales ágrafas. (Las siguientes conclusiones están basadas en una mezcla de datos de las culturas prehistóricas y de sociedades ágrafas contemporáneas y, a menos que se advierta explícitamente lo contrario, debe considerarse que se aplican a ambos conjuntos.)

Está claro que las personas ágrafas, no menos que aquellos de nosotros que viven en una cultura científica moderna, necesitan de principios explicativos capaces de introducir orden, unidad y, especialmente, significado al aparentemente azaroso y caótico flujo de acontecimientos. Pero no deberíamos esperar que los principios explicativos aceptados por las personas ágrafas se parezcan a los nuestros. Al carecer de cualquier concepción de «leyes de la naturaleza» o mecanismos causales deterministas, sus ideas de causalidad se extienden mucho más allá del tipo de acción mecánica o física aceptada por la ciencia moderna. Es natural que en la búsqueda de significado ellos deban proceder dentro del marco de su propia experiencia, proyectando rasgos humanos o biológicos a los objetos y eventos que a nosotros nos parecen desprovistos no sólo de humanidad, sino también de vida. Así, en general, el inicio del universo se describe en términos de nacimiento, y los acontecimientos cósmicos pueden ser interpretados como el resultado de la lucha entre fuerzas opuestas, una buena y otra mala. En las culturas ágrafas hay una inclinación no sólo a personalizar sino también a individualizar las causas, a suponer que las cosas suceden como suceden porque se ha querido que sea así. Esta tendencia ha sido descrita por H. y H. A. Franckfort:

> Nuestra visión de la causalidad [...] no satisfaría al hombre primitivo a causa del carácter impersonal de sus explicaciones. No le satisfaría, además, a causa de su generalidad. Nosotros entendemos los fenómenos, no por lo que los hace peculiares, sino por lo que hace de ellos manifestaciones de leyes generales. Pero una ley general no puede hacer justicia al carácter individual de cada evento. Y el carácter individual del evento es precisamente lo que el hombre primitivo experimenta con más fuerza. Nosotros podemos explicar que ciertos procesos fisiológicos causan la muerte de un hombre. El hombre primitivo pregunta: ¿por qué *este* hombre muere *así* en *este* momento? Nosotros sólo podemos decir que, dadas

> estas condiciones, la muerte siempre se producirá. Él quiere encontrar una causa tan específica e individual como el evento que debe explicar. El evento [...] se experimenta en su complejidad e individualidad, y éstas van acompañadas de causas igualmente individuales.[7]

Generalmente, las tradiciones orales representan el universo como constituido por el cielo y la tierra, y quizá también por un submundo. Un mito africano describe la tierra como una estera que ha sido desenrollada pero sigue inclinada, explicando así lo del río arriba y el río abajo —una ilustración de la tendencia general a describir el universo en términos de los objetos y procesos familiares—. La deidad es una realidad omnipresente en el mundo de las tradiciones orales, aunque en general no se traza ninguna distinción clara entre lo natural, lo sobrenatural y lo humano. Los dioses no trascienden el universo sino que están enraizados en él y sujetos a sus principios. La creencia en la existencia de los fantasmas de los muertos, espíritus y una variedad de poderes invisibles, que el ritual mágico permite controlar, es otra característica universal de la tradición oral. La reencarnación, (la idea de que después de la muerte las almas regresan en otro cuerpo, ya sea humano o animal) es una creencia ampliamente difundida. Las concepciones del espacio y el tiempo no son (como las de la física moderna) abstractas y matemáticas, sino que están investidas de significado y de valores sacados de la experiencia de la comunidad. Por ejemplo, las direcciones cardinales para una comunidad cuya existencia está estrechamente ligada a un río pueden ser «río arriba» y «río abajo», en lugar de norte, sur, este y oeste. Algunas culturas orales tienen dificultades para concebir un pasado que no sea muy reciente: una tribu africana, los Tio, por ejemplo, no puede situar nada en el tiempo más allá de dos generaciones atrás.[8]

En las tradiciones orales hay una fuerte tendencia a identificar causas con inicios, de modo que explicar algo es identificar sus orígenes históricos. En un marco conceptual así, la distinción que nosotros hacemos entre comprensión científica e histórica no puede ser trazada de modo preciso y puede no existir. Por tanto, cuando buscamos las características de la tradición oral que cuentan en la visión del mundo o en la cos-

7. «Myth and Reality», en H. Franckfort, H. A. Franckfort, John A. Wilson y Thorkild Jacobsen, *Before Philosophy*, págs. 24-25.

8. Jan Vansina, *The Children of Wood*, págs. 30-31, 198; Vansina, *Oral Tradition*, págs. 117, 125-129.

mología, casi siempre incluyen un relato de los orígenes —el comienzo del mundo, la aparición de los primeros humanos, el origen de los animales, plantas y otros objetos importantes, y finalmente la formación de la comunidad—. A menudo, el relato de los orígenes está relacionado con la genealogía de los dioses, reyes, y otras figuras heroicas en el pasado de la comunidad, acompañada de historias sobre sus hazañas heroicas. Es importante notar que en tales relatos históricos el pasado se representa no como una cadena de causas y efectos que produce un cambio gradual, sino como una serie de eventos decisivos, aislados, por los que surgió el orden presente.[9]

Estas tendencias pueden ilustrarse con ejemplos de las culturas orales antiguas y contemporáneas. Según los Kuba del África Ecuatorial del siglo xx:

> Mboom o el agua original tenía nueve hijos, todos llamados Woot, que a su vez crearon el mundo. Fueron, al parecer en orden de aparición, Woot el cavador, que cavó los lechos de los ríos, excavó y elevó las colinas; Woot el fluyente, que hizo las corrientes de los ríos; el Woot que creó los bosques y las sabanas; el Woot que creó las hojas; el Woot que creó las piedras; Woot el escultor, que formó personas a partir de bolas de madera; Woot el inventor de las cosas espinosas, tales como los peces, las espinas, y las palas; y Woot el afilador que dio el primer filo a las cosas afiladas. La muerte llegó al mundo cuando una guerra entre los dos últimos Woot llevó al fallecimiento de uno de ellos por el uso de una punta afilada.[10]

Nótese que este relato no sólo explica el origen de la raza humana y las principales características topográficas del mundo Kuba, sino también la invención de lo que los Kuba consideran claramente una herramienta de importancia crítica: el objeto afilado.

Temas similares abundan en los mitos de creación primitivos de Egipto y Babilonia. Según un relato egipcio, al principio, el sol-dios, Atum, escupió a Shu, el dios del aire, y a Tefnut, la diosa de la humedad. Después de eso

> Shu y Tefnut, aire y humedad, dieron nacimiento a la tierra y al cielo, el dios-tierra Geb y la diosa-cielo Nut. [...] Entonces, a su vez Geb y Nut, tierra y cielo, se unieron y engendraron dos parejas, el dios Osiris y su con-

9. Vansina, *Oral Tradition*, págs. 130-133.

10. Vansina, *Children of Wood*, págs. 30-31. Sobre el origen de los mitos y su relación con la visión del mundo, véase también Vansina, *Oral Tradition*, págs. 133-137.

sorte Isis, el dios Seth y su consorte Nepthys. Éstos representan las criaturas de este mundo, ya sean humanas, divinas o cósmicas.[11]

Un mito babilónico atribuye el origen del mundo a la actividad sexual de Enki, dios de las aguas. Enki fecundó a la diosa de la tierra o suelo, Ninhursag. Esta unión de agua y tierra dio nacimiento a la vegetación, representada por el nacimiento de la diosa de las plantas, Ninsar. A continuación, Enki se unió primero con su hija, después con su nieta, para producir varias plantas específicas y productos de plantas. Ninhursag, enfurecida cuando Enki devoró ocho de las nuevas plantas antes de que ella tuviera la oportunidad de darles nombre, le echó una maldición. Temiendo las consecuencias del fallecimiento de Enki (al parecer, el secado de las aguas), los otros dioses persuadieron a Ninhursag para que retirara la maldición y sanara a Enki de los distintos alimentos que inducían el maleficio, lo que ella hizo dando nacimiento a ocho deidades curativas, cada una asociada a una parte del cuerpo, explicando así el origen de las artes curativas.[12]

Será conveniente detenernos un momento en las artes curativas, que pueden servir para ilustrar algunas de las características de las culturas orales. Es indudable que las prácticas curativas eran extremadamente importantes en las antiguas culturas orales, donde las condiciones primitivas hacían de la enfermedad y las lesiones realidades cotidianas.[13] Los problemas médicos menores, tales como las heridas y lesiones, sin duda eran tratados por los miembros de la familia. Las dolencias más preocupantes —heridas importantes, huesos rotos, enfermedades graves e inesperadas— podían requerir la asistencia de alguien con un conocimiento y pericia más avanzados. De este modo surgió un cierto nivel de especialización médica: algunos miembros de la tribu o del poblado llegaron a ser

11. John A. Wilson, «The Nature of the Universe», en Franckfort y otros, *Before Philosophy*, pág. 63. Para una discusión reciente y amplia de la cosmología y cosmogonía egipcias, véase Marshall Clagett, *Ancient Egyptian Science*, vol. 1, part. 1, págs. 263-372. Sobre la religión egipcia, véase James H. Breasted, *Development of Religion and Thought in Ancient Egypt*.

12. Sobre los mitos de creación babilonios, véase Thorkild Jacobsen, «Mesopotamia: The cosmos as State», en Franckfort y otros, *Before Philosophy*, cap. 5; S. G. F. Brandon, *Creation Legends of the Ancient Near East*, cap. 3.

13. Sobre la primitiva medicina popular, véanse Henry E. Sigerist, *A History of Medicine*, vol. 1: *Primitive and Archaic Medicine*; y John Scarborough (comp.), *Folklore and Folk Medicines*.

conocidos por su habilidad en la recolección de hierbas, su capacidad para encasar huesos o en el tratamiento de las heridas, o su experiencia en la ayuda al parto.

Pero así descrita, la medicina primitiva practicada en las sociedades ágrafas suena claramente como una versión rudimentaria de la medicina moderna. Una mirada más cuidadosa revela que las artes curativas en las culturas orales es inseparable e indistinguible de la religión y de la magia. La mujer sabia o el «hombre medicina» eran valorados no sólo por su habilidad farmacéutica o quirúrgica, sino también por su conocimiento de las causas divinas o demoníacas de la enfermedad y de los rituales mágicos y religiosos mediante los cuales podía ser tratada. Si el problema era una astilla, una herida, un salpullido familiar, una dolencia digestiva o un hueso roto, el sanador respondía del modo obvio, sacando la astilla, vendando la herida, aplicando una sustancia (si se conocía alguna) que actuaría contra el salpullido, estableciendo prohibiciones en la dieta y encasando y entablillando el miembro roto. Pero si un miembro de la familia enfermaba misteriosa y gravemente, se podía sospechar de brujería o invasión del cuerpo por un espíritu extraño. En tales casos, se requerían remedios más drásticos: exorcismos, adivinación, purificación, cantos, encantamientos y otras actividades rituales.

Hay una última característica de las culturas orales (tanto antiguas como contemporáneas) que demanda nuestra atención, a saber, la aceptación simultánea de lo que nos parecen alternativas incompatibles, sin conciencia aparente de que tal conducta puede presentar un problema. Los ejemplos son innumerables, pero puede ser suficiente el notar que la historia de los nueve Woot contada anteriormente es uno de los siete (o más) mitos del origen que circulan entre los Kuba, mientras que los egipcios tienen una variedad de alternativas para la historia de Atum, Shu, Tefnut y su descendencia, y nadie parece (o parecía) notar, o preocuparse, de que todas ellas no podían ser verdad. Añádase a esto la naturaleza aparentemente «caprichosa» de muchas de las creencias antes descritas, y nosotros inevitablemente planteamos la cuestión de la «mentalidad primitiva»: ¿los miembros de las sociedades ágrafas poseen una mentalidad que es prelógica o mística o en algún otro sentido diferente de la nuestra? ¿Y si es así, cómo tiene que describirse y explicarse exactamente esta mentalidad?[14]

Se trata de un problema extremadamente difícil y complejo, que ha sido acaloradamente discutido por antropólogos y otros especialistas a

14. La idea de «mentalidad primitiva» fue desarrollada por Lucien Lévy-Bruhl en su

lo largo de buena parte del siglo xx, y no es probable que yo lo resuelva aquí. Pero al menos puedo ofrecer un consejo metodológico: a saber, que es desperdiciar esfuerzos, sin contribuir absolutamente en nada a la causa de la comprensión, el perder el tiempo pretendiendo que las personas ágrafas emplearían (o habrían empleado) una concepción y criterios de conocimiento que ellas nunca han (o habían) encontrado, una concepción que, en el caso del hombre prehistórico, no fue inventada hasta siglos más tarde. No hacemos ningún progreso asumiendo que las personas ágrafas estaban tratando, sin conseguirlo, de hacer honor a nuestra concepción del conocimiento y de la verdad. Se requiere sólo un momento de reflexión para darse cuenta de que tuvieron que operar en un mundo totalmente diferente lingüística y conceptualmente, y con distintos propósitos; y sus logros deben ser juzgados desde esta perspectiva.

Las historias incorporadas en las tradiciones orales están destinadas a expresar y reforzar los valores y las actitudes de la comunidad; a ofrecer explicaciones satisfactorias de las características más importantes del mundo tal como es experimentado por la comunidad, y a legitimar la estructura social vigente. Las historias se inscriben en la tradición oral (la memoria colectiva) debido a su efectividad en la consecución de estos fines, y en tanto continúen haciéndolo así no hay razón para cuestionarlas. En un marco social de esta clase, no hay recompensas para el escepticismo y pocos recursos que faciliten la duda. Efectivamente, nuestras concepciones de la verdad altamente desarrolladas y los criterios que una afirmación debe satisfacer para ser considerada verdadera (coherencia interna, por ejemplo, o correspondencia con una realidad externa) generalmente no existen en las culturas orales y, si se explicaran a un miembro de una cultura oral, probablemente resultarían bastante inútiles. Más bien, el principio operativo entre los ágrafos es el de la creencia sancionada (la sanción en cuestión emerge del consenso de la comunidad).[15]

Finalmente, si tenemos que entender el desarrollo de la ciencia en la antigüedad y en la Edad Media, debemos preguntarnos cómo los esquemas de creencia ágrafos que hemos estado examinando cedieron el paso a, o fueron sustituidos por, una nueva concepción del conocimiento y de

How Natives Think; para una crítica, véase Goody, *Domestication of The Savage Mind*, cap. 1; G. E. R. Lloyd, *Demystifying Mentalities*, introducción.

15. Sobre la «verdad», especialmente la «verdad histórica», véase Vansina, *Oral Tradition*, págs. 21-24; 129-133.

la verdad (representada del modo más claro por la lógica aristotélica y la tradición filosófica que engendró). El desarrollo decisivo parece haber sido la invención de la escritura, que tuvo lugar en una serie de pasos. Primero hubo pictogramas en los que el signo escrito representaba el propio objeto. Alrededor del 3000 a.C. apareció un sistema de palabras signos (o ideogramas), en los que se creaban signos para las palabras importantes, como en los jeroglíficos egipcios. Pero en la escritura jeroglífica, los signos también podían representar sonidos o sílabas —los inicios de la escritura silábica—. El desarrollo de sistemas totalmente silábicos hacia el 1500 a.C. (es decir, sistemas en los que se descartaba todo signo no silábico) hizo posible y, de hecho, relativamente fácil para la gente, escribir todo lo que podían decir. Y, finalmente, la escritura alfabética, que tiene un signo para cada sonido (consonantes y vocales), hizo su aparición en Grecia hacia el 800 a.C. y se diseminó ampliamente en la cultura griega en los siglos VI y V.[16]

Una de las contribuciones capitales de la escritura, especialmente de la escritura alfabética, fue proporcionar los medios para el registro de las tradiciones orales, congelando por tanto lo que hasta entonces había sido fluido, traducir señales fugazmente audibles en objetos visibles duraderos.[17] De este modo, escribir cumplía una función de almacenamiento, reemplazando, la memoria como depósito principal del conocimiento. Esto tuvo el revolucionario efecto de exponer las pretensiones de conocimiento a la posibilidad de inspección, de comparación y de crítica. Enfrentados a un relato escrito de los eventos, podemos compararlo con otros (incluyendo los más antiguos) relatos escritos de los mismos eventos, hasta un grado impensable en una cultura exclusivamente oral. Tal comparación estimula el escepticismo y, en la antigüedad, ayudó a crear la distinción entre la verdad, por una parte, y el mito o la leyenda, por otra. A su vez, esta distinción exigió la formulación de criterios mediante los cuales podía indagarse la veracidad; y a partir del esfuerzo para formular criterios adecuados, surgieron reglas de razonamiento, que ofrecieron un fundamento para la actividad filosófica seria.[18]

16. Goody y Watt, «The Consequences of Literacy», págs. 311-319. Véase también la reconstrucción de la invención de la escritura alfabética griega de Barry Powell, *Homer and the Origin of the Greek Alphabet*.

17. Goody, *The Domestication of the Savage Mind*, pág. 76.

18. *Ibid.*, cap. 3.

Pero dar forma permanente a la palabra hablada no sólo estimula el examen y la crítica. También hace posible nuevas clases de actividad intelectual que no tienen correlatos (o sólo muy pobres) en una cultura oral. Jack Goody ha defendido de modo convincente que las primeras culturas alfabetizadas producían grandes cantidades de inventarios y otras clases de listas (en su mayoría para cuestiones administrativas) mucho más elaboradas de lo que pueda imaginarse que cualquier cultura oral pudiera producir; y, además, que estas listas hacían posible nuevas clases de inspección y exigían nuevos procesos de pensamiento o nuevos modos de organizar los pensamientos. Para empezar, los item de una lista están fuera del contexto que les daba sentido en el mundo del discurso oral, y en este sentido se han convertido en abstracciones. Para dar un ejemplo, las listas de observaciones celestes precisas reunidas por los primeros babilonios nunca hubieran podido ser reunidas y transmitidas en forma oral. Su existencia por escrito, que permitía examinarlas minuciosamente y compararlas, hizo posible el descubrimiento de intrincados esquemas en los movimientos de los cuerpos celestes que nosotros asociamos con los inicios de la astronomía matemática y de la astrología.[19]

De esta exposición pueden sacarse dos conclusiones. Primero, la invención de la escritura era un prerrequisito para el desarrollo de la filosofía y de la ciencia en el mundo antiguo. Segundo, la medida en que florecieron la filosofía y la ciencia en el mundo antiguo fue, en un grado significativo, una función de la eficiencia del sistema de escritura (teniendo la escritura alfabética una gran ventaja por encima de todas las demás) y de la amplitud de su difusión entre la gente. Podemos ver los primeros beneficios del uso de los signos escritos o ideogramas en Egipto y Mesopotamia, iniciándose hacia el 3000 a.C. Sin embargo, la dificultad y la ineficacia de la escritura ideográfica inevitablemente limitaba su difusión y la convirtió en la propiedad de una reducida élite erudita. En cambio, en la Grecia de los siglos VI y V a.C. la amplia difusión de la escritura alfabética contribuyó al espectacular desarrollo de la filosofía y de la ciencia. No debemos pensar que el alfabetismo fue suficiente por sí mismo para producir el «milagro griego» de los siglos VI y V a.C. Sin duda contribuyeron otros factores, incluyendo la prosperidad, nuevos principios de organización social y política, el contacto con las culturas orientales y la introducción de un estilo competitivo en la vida intelectual griega. Pero, seguramente, el elemento más importante en la mezcla fue la emergencia

19. *Ibid.*, cap. 5.

de Grecia como la primera cultura alfabetizada del mundo ampliamente difundida.[20]

La ciencia babilónica y egipcia

Volveré al mundo griego en el siguiente capítulo. Pero, antes de hacerlo, debo tratar brevemente los desarrollos pregriegos en Egipto y Mesopotamia (la región entre los ríos Éufrates y Tigris, ubicación de las antiguas Babilonia y Asiria, y del moderno Irak [véase el mapa 2]. En la sección precedente, he aludido de modo suficiente a los mitos de creación para poner de manifiesto características clave de la especulación cosmológica y cosmogónica egipcia y babilónica. Aquí me limitaré a la contribución de Egipto y Babilonia a algunos otros temas o disciplinas distintos, que después hallaron un lugar en la ciencia griega y en la europea medieval: matemáticas, astronomía y medicina. Los datos son escasos pero suficientes para proporcionar una imagen general.

Los propios griegos creían que las matemáticas se originaron en Egipto y Mesopotamia. Herodoto (siglo v a.C.) informaba de que Pitágoras viajó por Egipto, donde fue introducido por los sacerdotes a los misterios de las matemáticas egipcias. A partir de ahí, según la antigua tradición, fue llevado cautivo a Babilonia, donde entró en contacto con las matemáticas babilónicas. Finalmente, regresó a casa, a la isla de Samos, llevando el tesoro de las matemáticas egipcias y babilónicas a los griegos. La cuestión de si éste y relatos similares referentes a otros matemáticos son históricamente precisos o legendarios es menos importante que la gran parte de verdad que comunican, es decir, que los griegos fueron (y supieron que eran) los destinatarios del conocimiento matemático egipcio y babilónico. Allá por el 3000 a.C. los egipcios desarrollaron un sistema numérico de carácter decimal, empleando un símbolo diferente para cada potencia de 10 (1, 10, 100, etc.). Estos símbolos podían ser alineados, como los numerales romanos, para formar cualquier número deseado. Así, si 𓏺 representa el 1, y 𓎆 representa 10, entonces el número 34 puede ser expresado como 𓎆𓎆𓎆𓏺𓏺𓏺𓏺. Hacia 1800 a.C. se habían inventado símbolos adicionales para otros números, de modo que, por ejemplo, siete podía ser representado por una hoz (𓍢) en lugar de por siete trazos verticales.

20. Goody y Watt, «The Consequences of Literacy», págs. 319-343; Lloyd, *Demystifying Mentalities*, cap. 1.

En la aritmética egipcia la suma y la resta eran operaciones simples, hechas igual que con los números romanos, pero la multiplicación y la división eran extremadamente engorrosas. El concepto generalizado de una fracción era desconocido, y la regla general permitía sólo fracciones de unidad (fracciones con el numerador 1). Se podían resolver problemas elementales del siguiente tipo: si un séptimo de una cantidad es añadido a la cantidad y la suma es igual a 16, ¿cuán grande es la cantidad?[21]

El conocimiento egipcio en geometría parece haber estado orientado hacia problemas prácticos, quizá los de los agrimensores y constructores. Los egipcios eran capaces de calcular las áreas de figuras planas simples, tales como el triángulo y el rectángulo, y volúmenes de sólidos simples, como el de la pirámide. Por ejemplo, para hallar el área de un triángulo multiplicaban la mitad de la longitud de la base por la altura. Para calcular el área de un círculo, los egipcios elaboraron reglas que daban a π un valor de 3,17. Finalmente, en una de las áreas más obvias de las matemáticas aplicadas, los egipcios idearon un calendario que constaba de doce meses de treinta días cada uno, más un añadido de cinco días al final del año. Un calendario considerablemente más simple, a causa de su carácter fijo, que los calendarios babilónicos de la época y los de las primeras ciudades-Estado griegas que, además del ciclo solar, intentaban tomar en cuenta el ciclo lunar.[22]

El nivel de la matemática contemporánea en Mesopotamia era algo más elevado que el de la egipcia. Las tablillas de arcilla (véase la figura 1.1) recuperadas en grandes cantidades revelan un sistema numérico babilónico, totalmente desarrollado hacia el 2000 a.C., que era simultáneamente decimal (basado en el número 10) y sexagesimal (basado en el número 60). Hoy seguimos utilizando números sexagesimales en nuestro sistema para medir el tiempo (sesenta minutos cada hora) y los ángulos (sesenta minutos en un grado y trescientos sesenta grados en un círculo). Los babilonios tenían símbolos diferentes para 1 (▼) y para 10 (◀); éstos podían combinarse como los números romanos para formar los números hasta el 59. El número 32, por ejemplo, se expresaría mediante tres de los símbolos de diez más dos del símbolo de unidad, como en la tabla 1.1.

21. La respuesta es 14. Sobre las matemáticas egipcias véanse Otto Neugebauer, *The Exact Sciences in the Antiquity*, cap. 4; B. L. Van der Waerden, *Science Awakening Egiptian, Babilonian and Greek Mathematics*, cap. 1; G. J. Toomer, «Mathematics and Astronomy», en J. R. Harris (comp.), *The Legacy of Egypt*, págs. 27-54; R. J. Gillings, «The Mathematics of Ancient Egypt»; y Carl B. Boyer, *A History of Mathematics*, cap. 2.

22. Richard Parker, «Egyptian Astronomy, Astrology, and Calendrical Reckoning».

Pero por encima del 59 aparece una diferencia importante. En lugar de formar el número 60 uniendo seis símbolos de 10, los babilonios usaban un sistema de lugar similar al nuestro. En nuestro número 234, el numeral 4 (situado en la «columna de las unidades») significa simplemente el número 4; el numeral 3, situado en la columna de las decenas, representa el número 30; mientras que el numeral 2, situado en la columna de las centenas, significa el número 200. Así, 234 es 200 + 30 + 4. El sistema de lugar babilónico funcionaba de modo similar, excepto que las sucesivas columnas representaban potencias de 60, en lugar de potencias de 10. Por tanto, en el segundo ejemplo, en la tabla 1.1, los dos símbolos de la unidad en la tercera columna representan no un 2, sino $2 \times 60 = 120$; y en el tercer ejemplo el símbolo de unidad en la columna 60^2 representa no 1, sino $1 \times 60^2 = 3.600$. No existía equivalente para la coma decimal con la que ubicar la columna de unidades, y por tanto esta información tenía que inferirse del contexto. Las tablillas de la multiplicación, las tablas de recíprocos y las tablas de potencias y raíces se utilizaban para facilitar el cálculo. Uno de los grandes avances del sistema sexagesimal era la facilidad con que podían llevarse a cabo las operaciones usando fracciones.[23]

La absoluta superioridad de la matemática babilónica respecto a su contrapartida egipcia se hace evidente cuando pasamos a problemas más difíciles, que *nosotros* resolveríamos algebraicamente. Los historiadores de las matemáticas a veces se refieren a estos problemas como «álgebra», abreviatura útil, quizá, para este aspecto de la empresa matemática babilónica, pero peligrosa si se entiende como la afirmación de que ellos practicaban álgebra genuina, es decir, que ellos tenían una notación algebraica generalizada o una comprensión de lo que nosotros consideramos reglas algebraicas. Lo que sin duda podemos decir es que los matemáticos babilonios usaban operaciones aritméticas para solucionar problemas para los que *nosotros* emplearíamos una ecuación de segundo grado. Por ejemplo, encontramos muchas tablillas babilónicas, que incluyen textos docentes, que demuestran cómo resolver problemas tales como el siguiente: dado el producto de dos números y su suma o diferencia, hallar los dos números.[24]

23. Sobre las matemáticas babilónicas, véanse Neugebauer, *Exact Sciences in Antiquity*, caps. 2-3; Van der Waerden, *Science Awakening*, caps. 2-3; Van der Waerden, «Mathematics and Astronomy in Mesopotamia»; y Boyer, *History of Mathematics*, cap. 3.

24. Para el análisis de la cuestión del «álgebra» antigua, véanse Sabetai Unguru, «History of Ancient Mathematics: Some Reflections on the State of the Art»; y Unguru, «On the Need to Rewrite the History of Greek Mathematics».

TABLA 1.1.
Cinco números sexagesimales babilónicos y sus equivalentes indo-arábigos

	60^3	60^2	60	1	1/60	$1/60^2$	*Equivalentes modernos indo-arábigos*
(1)				◀◀▼▼			32
(2)			▼▼	◀▼▼▼			$2 \times 60 + 16 = 136$
(3)		▼	◀▼▼	◀◀▼▼▼			$1 \times 3.600 + 12 \times 60 + 23 = 4.343$
(4)	▼▼	◀◀▼▼					$2 \times 216.000 + 22 \times 3.600 = 511.200$
(5)					▼▼	◀▼▼	$2 \times 1/60 + 12 \times 1/3.600 = 1/30 + 1/300 = 11/300$

▼ = 1 ◀ = 10

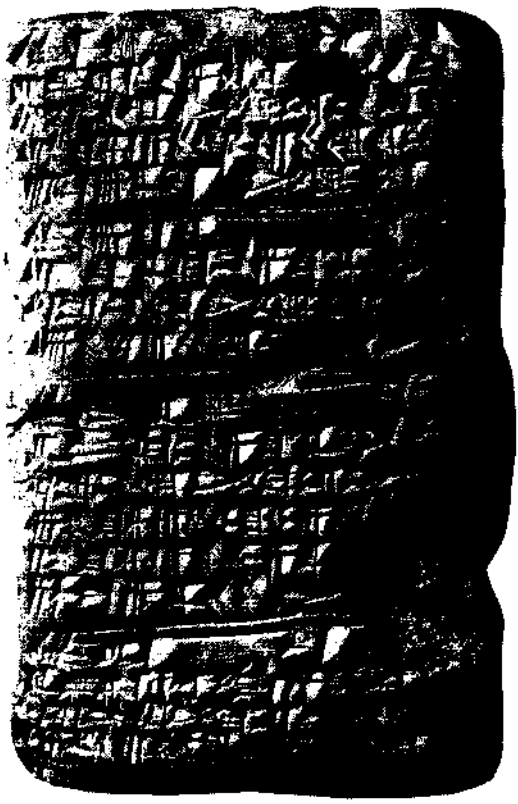


FIG. 1.1. *Tablilla de arcilla babilónica (ca. 1900-1600 a.C.) que contiene el texto de un problema matemático que trata de ladrillos, sus volúmenes y su cobertura.* Yale Babylonian Collection, YBC 4607. El texto está traducido y comentado en O. Neugebauer y A. Sachs (comps.), *Mathematical Cuneiform Texts*, págs. 91-97.

Una de las áreas a las que los babilonios aplicaron sus técnicas matemáticas fue la astronomía. Las estrellas han sido objeto de investigación y especulación desde los tiempos más remotos. Algunos de nuestros registros escritos más antiguos, que datan de hace más de 4.000 años, son de tema astronómico. Existían varias razones para este interés por los cielos. Una tenía que ver con la agricultura, pues era obvio incluso para una observación casual que las estaciones agrícolas —los tiempos de la siembra y la recogida de la cosecha— se correspondían con el movimiento del Sol y con la posición de ciertas estrellas y constelaciones respecto a éste. Una segunda razón era religiosa, pues los cielos, especialmente el Sol y la Luna, usualmente se asociaban con la divinidad. Una tercera era astrológica. Y una cuarta hacía referencia al calendario.

Uno de los esfuerzos más antiguos se dedicó a trazar un mapa de los cielos, identificando y dando nombre a las estrellas destacadas y a las constelaciones. En Mesopotamia la observación astronómica sistemática empezó a practicarse en los templos con finalidades religiosas, astrológicas y relativas al calendario. Los sacerdotes del templo no sólo trazaron un mapa de las estrellas fijas sino que también identificaron las «estrellas errantes» o los planetas, los ahora denominados Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. (El Sol y la Luna también se consideraban planetas porque también ellos se movían respecto a las estrellas fijas.) Se observó que estos siete planetas se movían a través de los cielos dentro de la estrecha banda del zodíaco. Hacia el 500 a.C. los sacerdotes babilonios habían definido esta banda e identificado las constelaciones que la distinguen con doce segmentos de treinta grados cada uno, dándonos así los signos del zodíaco. Una vez definido, el zodíaco podía funcionar como un práctico sistema de medida para trazar con exactitud los movimientos del Sol, la Luna y los demás planetas, y como fuente de predicciones astrológicas.[25]

El aspecto astrológico de la astronomía babilonia exige una breve mención (sobre la astrología, véase también más adelante, capítulo 11). Está claro que las necesidades astrológicas eran una motivación importante para el desarrollo de la astronomía matemática babilónica. A partir

25. Sobre la astronomía mesopotámica o babilonia, véase Neugebauer, *Exact Science in Antiquity*, cap. 5; B. L. Van der Waerden y Peter Huber, *Science Awakening 2: the Birth of Astronomy*, caps. 2-8; Van der Waerden, «Mathematics and Astronomy in Mesopotamia»; Asger Aaboe, «On Babylonian Planetary Theories»; y los ensayos recogidos en Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 1, 347-555.

de la religión astral —la asociación de las estrellas (específicamente las estrellas errantes) con los dioses— y del hecho obvio de que los eventos celestes están conectados con las estaciones y el tiempo, desarrollaron un sistema de astrología judiciaria, el intento de hacer predicciones a corto plazo que afectaran al rey y al reino sobre la base de la configuración celeste del momento. También es posible que la astrología horoscópica, que predice el curso de la vida de una persona a partir de la configuración en el momento de su nacimiento, se desarrollara en el periodo babilónico tardío. Lo importante es que ambos tipos de astrología exigen un conocimiento detallado de los movimientos solar, lunar y planetario. La astrología babilónica fue transmitida a los griegos, que la desarrollaron más aún y la pasaron a la Edad Media, el periodo moderno inicial y en última instancia al siglo xx. Debería destacarse que, a lo largo de la mayor parte de esta larga historia, las tradiciones astronómica y astrológica han estado íntimamente conectadas.[26]

No tenemos espacio para examinar en detalle el desarrollo de la astronomía matemática babilónica. Lo importante es que en el periodo 500-300 a.C. el sacerdote-astrónomo babilonio desarrolló su arte hasta el punto de que podía manipular grandes cantidades de datos y hacer una variedad de predicciones astronómicas. Tenía modelos numéricos, en forma de progresiones aritméticas, que le hacían capaz de trazar los movimientos diarios del Sol y la Luna a través del zodíaco. A partir de tales datos, podía predecir la primera aparición de la Luna nueva (importante para el calendario, puesto que la Luna nueva significaba el inicio de un nuevo mes); podía también predecir los eclipses lunares y la posibilidad o imposibilidad de los eclipses solares. Debemos destacar que no hizo esto por medio del uso de modelos geométricos, como lo harían los astrónomos griegos, sino simplemente a través de la utilización de métodos numéricos que extrapolaban observaciones pasadas al futuro.[27]

El último ámbito de las realizaciones de Egipto y Mesopotamia que hay que considerar es el de la medicina. Han sobrevivido un cierto número de papiros médicos egipcios (escritos en el periodo 2500-1200 a.C.), que nos ofrecen una imagen fragmentaria de las artes curativas en

26. Sobre la astrología babilónica y su relación con la astronomía, véase Van der Waerden y Huber, *Science Awakening 2*, cap. 5.

27. Neugebauer, *Exact Sciences in Antiquity*, págs. 104-109; Van der Waerden y Huber, *Science Awakening 2*, cap. 6. Para una explicación más popular, véase Stephen Toulmin y June Gooldfield, *The Fabric of the Heavens*, cap. 1.

el antiguo Egipto. A partir de algunos de estos papiros queda claro que se creía que la causa principal de enfermedad era la invasión del cuerpo por fuerzas o espíritus del mal. El alivio había de conseguirse a través de rituales pensados para apaciguar o asustar a dichos espíritus: exorcismo, encantamiento, purificación, o ponerse un amuleto apropiado. Se podía apelar a los dioses para la protección; parte de una plegaria al dios Horus, hallada en el papiro de Leyden, dice: «Ave a ti, Horus [...] acudo a ti, ruego a tu belleza: destruye el mal que está en mis miembros».[28] Ciertos dioses llegaron a estar especialmente asociados a las funciones o a los cultos curativos: Thoth, Horus, Isis e Imhotep. Parece que estuvo muy extendida la idea de que cada órgano corporal estaba regido por un dios específico, que podía ser invocado para curarlo. Y, desde luego, todos estos rituales requerían la asistencia de un experto cuya pureza era reconocida, que conocía los encantamientos requeridos, y que podía asegurar que el ritual se llevaba a cabo correctamente hasta el más mínimo detalle; era el sacerdote-sanador.

En el antiguo Egipto las terapias no se limitaban a la plegaria, el encantamiento y el ritual. Los remedios farmacológicos, preparados a partir de sustancias animales, vegetales o minerales, estaban muy extendidos, aunque se creía que su efectividad estaba condicionada a haber sido preparados y administrados bajo condiciones rituales apropiadas. El papiro de Ebers (escrito hacia 1600 a.C., pero en el que aparece material copiado de textos mucho más antiguos) contiene recetas médicas para el tratamiento de enfermedades de la piel, ojos, boca, extremidades, sistemas digestivo y reproductivo, y otros órganos internos; para el tratamiento de heridas, quemaduras, abscesos, úlceras, tumores, jaquecas, glándulas inflamadas y dificultad respiratoria.[29]

La cirugía se trata en otro papiro, conocido como el papiro de Edwin Smith (escrito aproximadamente en la misma época que el papiro de Ebers), que contiene un manual quirúrgico que describe sistemáticamente el tratamiento de las heridas, fracturas y dislocaciones (véase la figura 1.2.).[30] Una de las características destacables de los papiros de Ebers y

28. Sigerist, *History of Medicine*, 1, 276. Sobre la medicina egipcia, además de Sigerist, véanse Paul Ghalioungui, *The House of Life, Per Ankh: Magis and Medical Science in Ancient Egypt*; Ghalioungui, *The Physicians of Pharaonic Egypt*; y John R. Harris, «Medicine», en Harris (comp.), *The Legacy of Egypt*. Sobre la cirugía, véase Guido Majno, *The Healing Hand*, cap. 3.

29. B. Ebbell, *The Papyrus Ebers*.

30. James Henry Breasted, *The Edwin Smith Surgical Papyrus*.

FIG. 1.2. *Una columna del papiro quirúrgico Edwin Smith (ca. 1600 a.C.),* ahora en la New York Academy of Medicine.

Smith es la cuidadosa organización del estudio de los casos, empezando con una descripción del problema y procediendo al diagnóstico, veredicto (según la dolencia sea tratable o no) y tratamiento.

La medicina mesopotámica muestra muchas características idénticas a las de las prácticas curativas egipcias. Las tablillas de arcilla babilónicas, como los papiros egipcios, contienen el estudio de casos, sistemáticamente organizado por tipos, muchos de los cuales revelan una cuidadosa observación de los síntomas y una inteligente prognosis. Los sanadores mesopotámicos mostraban igual pericia en cirugía y en la preparación de remedios farmacéuticos. Como en Egipto, se desarrolló una cierta especialización médica —diferentes categorías de sanadores llegaron a tener especialidades y funciones algo distintas—. Y también aquí encontramos la curación íntimamente mezclada con la religión y con prácticas que nosotros ahora consideraríamos mágicas. La enfermedad era vista como la invasión del cuerpo por malos espíritus (debido al destino, el descuido, el pecado y la brujería). La terapia estaba dirigida a la eliminación del espíritu invasor a través de la adivinación (incluyendo la interpretación de los presagios astrológicos), el sacrificio, la plegaria y el ritual mágico.[31]

El breve bosquejo de las contribuciones egipcias y mesopotámicas a las matemáticas, la astronomía y las artes curativas nos ofrece un atisbo de los inicios de la tradición científica occidental, así como de un contexto en el que considerar la aportación griega. No hay duda de que los griegos supieron del trabajo de sus predecesores egipcios y mesopotámicos, y que se aprovecharon de éste. En los capítulos que siguen veremos cómo estos productos del pensamiento egipcio y mesopotámico llegaron a la filosofía natural griega y ayudaron a configurarla.

31. Sobre la medicina mesopotámica, véanse Sigerist, *History of Medicine*, 1, part. 4; Robert Biggs, «Medicine in Ancient Mesopotamia»; y Majno, *Healing Hand*, cap. 2.

Capítulo 2

Los griegos y el cosmos

El mundo de Homero y Hesíodo

No sabemos nada de Homero, famoso autor de dos grandes poemas épicos, la *Ilíada* y la *Odisea*. Está claro que los poemas, que narran heroicas aventuras relacionadas con los días finales y las consecuencias de la guerra de Troya entre los griegos y los troyanos, son producto de una larga tradición oral, que tenía raíces que iban mucho más allá de la historia griega, hasta la edad micénica (antes de 1200). También parece que tuvieron influencias de tradiciones épicas no griegas del Oriente próximo. Quizá pasaron a la escritura hacia el siglo VIII, pero si lo hizo un hombre (Homero) o varios sigue siendo motivo de disputa. Cualquiera que sea su origen preciso, la *Ilíada* y la *Odisea* se convirtieron en el fundamento de la educación y la cultura griegas y siguen siendo el mejor indicador que tenemos de la forma y el contenido del pensamiento griego antiguo.[1]

Al lado de Homero, podemos situar a Hesíodo, que vivió hacia finales del siglo VIII. Se atribuyen a Hesíodo, el hijo de un granjero, dos grandes obras poéticas: *Los trabajos y los días* (que incluye, entre otras cosas, un manual de agricultura) y la *Teogonía*, que narra el origen de los dioses y del mundo.[2] Hesíodo dio a los dioses una genealogía y, junto con Homero, definió su carácter y las funciones que presidían. Los doce dioses del monte Olimpo fueron elegidos entre la plétora de deidades locales

1. Para una introducción adecuada a Homero, véase Jasper Griffin, *Homer*; o M. I. Finley, *The World of Odysseus*.

2. Hesíodo, *Theogony an Works and Days*, trad., introducción y notas de M. I. West.

que se convirtieron en los dioses de los griegos, debido a la influencia aunada de Homero y de Hesíodo.

Entre los olímpicos estaba Zeus, retratado por Homero y Hesíodo como el más grande y el más poderoso de los dioses, señor del cielo, dios del tiempo, poseedor de los rayos, sostén de la ley y la moralidad, y padre de todo. Hera, su hermana y esposa, que presidía los noviazgos y el matrimonio. Poseidón, hermano de Zeus, era el rey del mar y de la tierra, autor de tormentas y terremotos. Hades, otro hermano, era señor del submundo y de la muerte. Atenea, hija de Zeus, era la diosa del arte militar y la protectora de las ciudades, mientras que Ares, hijo de Zeus, era el despiadado dios de la guerra.

En la representación de Homero, los dioses estaban íntimamente involucrados en los asuntos humanos, determinando la victoria, la derrota, el infortunio y el destino. En la *Odisea* aparecen varios ejemplos de la implicación divina. Su héroe, Odiseo, náufrago como resultado de la cólera divina y confinado durante ocho años en la isla de la ninfa Calipso, finalmente era liberado de su prisión por orden de Zeus y ponía rumbo a Ítaca. Sin embargo, Poseidón, que no había sido consultado respecto a la liberación de Odiseo, le reconoció en su balsa y decidió interferir:

> Con lo que juntó las nubes y removió las aguas de las profundidades, empuñando su tridente con sus manos; y provocó tormentas con toda clase de vientos, y envolvió la tierra y el mar con las nubes; e hizo caer rápidamente la noche desde el cielo [...] Poseidón, agitador de la tierra, lanzó contra él una gran ola, terrible y cruel, y enrollándose desde la cresta, y con esto lo aplastó.

Y así hizo Odiseo su viaje a casa, unas veces ayudado, otras entorpecido por los dioses.[3]

En la *Teogonía* de Hesíodo encontramos una breve historia del mundo, desde el caos primordial hasta el gobierno regulado de Zeus. Del caos nació Gea («la tierra de amplio pecho») y varios otros descendientes, incluyendo a Eros (amor), Érebo (una parte del submundo) y la oscura Noche. Érebo y la Noche se unieron para producir el Día y el Éter (o cielo). Gea parió primero el cielo estrellado (Urano) «para que la contuviera por todas partes y poder ser así sede siempre segura para los felices dioses.

3. Sobre la mitología griega, véase Edith Hamilton, *Mythology*. El pasaje citado es de la *Odisea* de Homero, libro 5, S. H. Butcher y Andrew Lang, en *The Complete Works of Homer* (Nueva York, Modern Library, 1935), págs. 79-82.

FIG. 2.1. *Una estatua de bronce de Zeus* en el Museo Archeologico, Florencia. Alinari/Art Resource N. Y.

También dio a luz a las grandes Montañas, deliciosa morada de las diosas, las Ninfas que habitan en los boscosos montes. Ella igualmente parió al estéril piélago de agitadas olas, el Ponto».[4] Gea (la madre tierra) procedió a unirse con su descendiente, Urano, y de esta unión salió Océano (el río que rodea el mundo, padre de todos los demás ríos), los doce titanes y una colección de monstruos. Finalmente, Cronos, uno de los titanes, castró y suplantó a su padre, Urano. Cronos, a su vez, fue depuesto por su hijo Zeus. Éste obtuvo el rayo de los cíclopes, lo usó para derrotar a los titanes y estableció su propio gobierno olímpico.

Incluso esta breve descripción pone de manifiesto el abismo que separa el mundo de Homero y de Hesíodo del de la ciencia moderna. El suyo es un mundo de deidades antropomórficas que interfieren en los asuntos humanos y usan a los humanos como peones de sus propias tramas e intrigas. Se trataba inevitablemente de un mundo caprichoso en el que nada podía predecirse con seguridad a causa de las ilimitadas posibilidades de la intervención divina. Los fenómenos naturales eran personificados y divinizados. El Sol y la Luna eran concebidos como deidades, descendientes de la unión entre Tea e Hiperión. Las tormentas, los relámpagos y los terremotos no se consideraban el inevitable resultado de fuerzas naturales e impersonales, sino grandiosas hazañas, provocadas por los dioses.

¿Qué debemos pensar de esto? ¿Los antiguos griegos consideraban verdaderas las historias que constituyen lo que nosotros llamamos ahora «mitología griega»? ¿Realmente creían en los seres divinos, alojados en el monte Olimpo o en algún otro lugar misterioso, que se seducían unos a otros y acosaban a los humanos que se cruzaban en su camino? ¿Nadie dudaba de que las tempestades y terremotos eran un resultado del capricho divino? En el capítulo anterior, en la discusión sobre el pensamiento ágrafo, hemos visto cuán difíciles son estas cuestiones.[5] Lo que sí está claro es que cualquier intento de medir tales creencias por medio de criterios modernos relacionados con la verdad científica es un modo seguro de inducirnos al error. Sin embargo, podemos aprender algo echando una mirada a las creencias contemporáneas ajenas al ámbito científico. Cuando un candidato político, un mando militar o un atleta profesional

4. *The Poems of Hesiod*, trad. de R. M. Frazer, pág. 32. Sobre Hesíodo, véase también Friedrich Solmsen, *Hesiod and Aeschylus*.

5. Véase también el interesante análisis de este problema de Paul Veyne, *Did the Greeks Believe in Their Myths?*

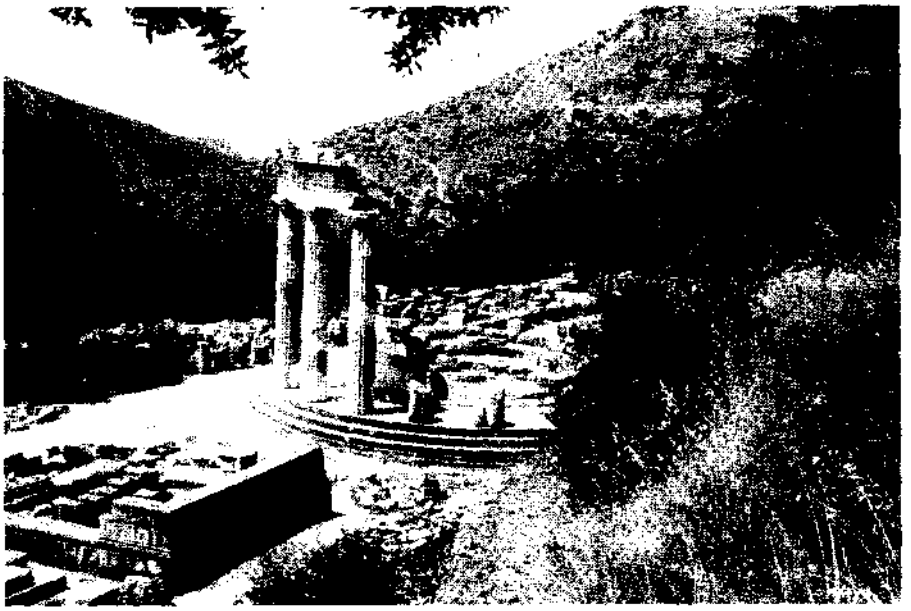


FIG. 2.2. *Un santuario de la diosa de la tierra, Gea*, en Delfos (siglo IV a.C.).

dan gracias a Dios por la victoria, ¿creen realmente que la victoria se obtuvo de modo sobrenatural? La respuesta no es del todo clara, y probablemente varía de un caso a otro. Lo que parece cierto es que las figuras públicas en cuestión no pretenden tratar las cuestiones causales de un modo filosófico o científico, y probablemente nunca se les ha ocurrido que sus afirmaciones puedan ser juzgadas por criterios filosóficos o científicos. Por la misma razón, aunque los trabajos de Homero y Hesíodo parecen tratar de cuestiones de causalidad, debemos entender que no pretendían ser tratados como científicos o filosóficos. Homero y Hesíodo —y los bardos cuyos poemas épicos están detrás de los suyos— eran registros de hazañas heroicas para instruir y entretener; y si los tratamos como filósofos fallidos, inevitablemente entenderemos mal su logro.

Sin embargo, no debemos descartar estas fuentes antiguas tan rápidamente. Después de todo, Homero y Hesíodo están entre las pocas fuentes de que disponemos para revelar *algo* del pensamiento griego arcaico. Y aunque no representen una filosofía griega primitiva, durante siglos fueron centrales para la educación y cultura griegas, y no es posible que no hayan tenido influencia sobre la mente griega. Está muy claro que el lenguaje y las imágenes que las personas emplean afectan a la realidad que

perciben. Aunque el contenido de los poemas de Homero y de Hesíodo no fuera «creído» de la misma manera que nosotros creemos el contenido de la física moderna, la mitología de los dioses olímpicos (por no hablar de la mitología de las deidades locales) era una característica central de la cultura griega, que afectaba al modo en que los griegos pensaban, hablaban y se comportaban.

Los primeros filósofos griegos

La filosofía griega hizo su primera aparición a principios del siglo VI. No se trató, como algunos lo han presentado, del reemplazo de la mitología por la filosofía; pues la mitología griega no desapareció, sino que siguió cultivándose durante siglos. Más bien se trató de la aparición de modos de pensar nuevos, filosóficos, junto a, y a veces mezclados con, la mitología. Expresado de un modo sencillo, Homero y Hesíodo no fueron filósofos ni hicieron filosofía; Tales, Pitágoras y Heráclito, aún viviendo en una cultura llena de mitología, emprendieron un nuevo modo de investigación intelectual que nosotros estamos dispuestos a llamar «filosofía».

Pero, ¿cuáles eran los nuevos modos de pensar que nosotros identificamos como filosofía? En el siglo VI un grupo de pensadores inició una investigación seria y crítica acerca de la naturaleza del mundo en el que vivían, una investigación que se ha dilatado desde entonces hasta nuestros días. Se preguntaron acerca de sus ingredientes, su composición y su modo de operar. Investigaron si está hecho de una cosa o de muchas. Se plantearon cuál era su forma y localización y especularon acerca de sus orígenes. Intentaron entender el proceso de cambio, por el que las cosas aparecen y una cosa parece transformarse en otra. Consideraron fenómenos naturales extraordinarios, tales como los terremotos y eclipses, y buscaron explicaciones universales aplicables no sólo a un terremoto o eclipse particular sino a los terremotos y eclipses en general. Y empezaron a reflexionar sobre las reglas de la argumentación y de la prueba.

Los primeros filósofos no sólo plantearon un nuevo conjunto de preguntas, también buscaron nuevos modos de responder. Gradualmente, la personificación de la naturaleza se fue convirtiendo en una característica cada vez menos prominente en su discurso y los dioses desaparecieron de sus explicaciones de los fenómenos naturales. Hemos visto la aproximación mitológica de Homero y de Hesíodo: en la *Teogonía* de Hesíodo el

cielo y la tierra son vistos como descendencia divina. En Leucipo y Demócrito, en cambio, el mundo y sus distintas partes son el resultado de la disposición mecánica de los átomos en el vórtice primordial. Todavía en el siglo v, el historiador Herodoto conservaba mucho de la antigua mitología, salpicando sus *Historias* de relatos de intervenciones divinas. En su narración, Poseidón usó una marea alta para inundar una ciénaga que los persas estaban cruzando. Y Herodoto consideró un eclipse, que coincidió con la partida de la armada persa hacia Grecia, como un presagio sobrenatural. Los filósofos ofrecían una explicación muy diferente de las inundaciones y eclipses, que no contenían ninguna huella de la intervención sobrenatural. Anaximandro creía que los eclipses eran el resultado de la obstrucción de las aperturas en los anillos de fuego celestial. Según Heráclito, los cuerpos celestes eran cuencos llenos de fuego y se producía un eclipse cuando el lado de la abertura del cuenco miraba al lado opuesto a nosotros. Las teorías de Anaximandro y Heráclito no parecen especialmente sofisticadas (cincuenta años después de Heráclito, los filósofos Empédocles y Anaxágoras comprendieron que los eclipses eran causados simplemente por sombras cósmicas), pero lo que tiene una importancia decisiva es que excluyeron a los dioses. Las explicaciones son exclusivamente naturalistas; los eclipses no reflejan el capricho personal o el antojo arbitrario de los dioses, sino simplemente la naturaleza de los anillos ígneos o los cuencos celestiales y su contenido ígneo.[6]

En resumen, el mundo de los filósofos era un mundo ordenado, predecible, en el que las cosas se comportaban de acuerdo con sus naturalezas. El término griego para denominar este mundo ordenado fue *kosmos*, del que nosotros sacamos nuestra palabra «cosmología». El mundo caprichoso de la intervención divina estaba siendo desplazado, dejando el lugar al orden y la regularidad. El *kosmos* estaba sustituyendo al *caos*. Estaba emergiendo una distinción entre lo natural y lo sobrenatural. Y había un amplio acuerdo en que las causas (si tenían que ser tratadas filosóficamente) debían buscarse en la naturaleza de las cosas. Los filósofos que introdujeron estos nuevos modos de pensamiento fueron llamados por Aristóteles *physikoi* o *phisiologoi*, por su interés en la *physis* o naturaleza.

6. Debo mi enfoque de estos temas especialmente a G. E. R. Lloyd, *Early Greek Science: Thales to Aristotle*, cap. 1; Lloyd, *Magic, Reason and Experience*; Lloyd, *The Revolutions of Wisdom*; y Gregory Vlastos, *Plato's Universe*, cap. 1. Para obtener bibliografía adicional, véanse estos trabajos.

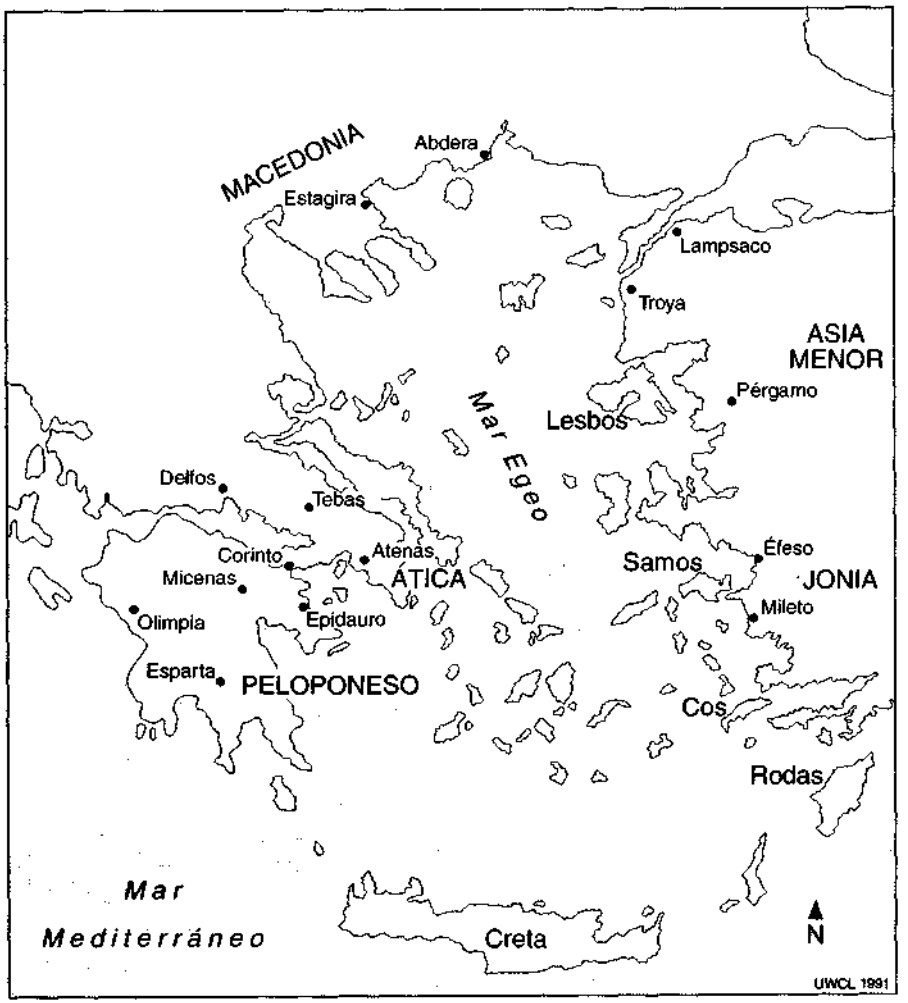
Los milesios y la cuestión de la realidad última

Estos desarrollos filosóficos parecen haber surgido primero en Jonia, en la costa oeste de Asia Menor (la actual Turquía, justo al otro lado del mar Egeo desde la Grecia continental; véase el mapa 1). Allí los colonos griegos habían establecido prósperas ciudades, tales como Éfeso, Pérgamo y Esmirna, cuya riqueza se basó en el comercio y en la explotación de los recursos naturales locales. Puede que Jonia, como muchas sociedades de frontera, estimulara el trabajo duro y la autosuficiencia; a cambio, ofrecía prosperidad y oportunidades. También puso en contacto a los griegos con el arte, la religión y el saber del Oriente próximo, con el que Jonia tuvo contacto cultural, comercial, diplomático y militar. Aunque estas influencias fueron indudablemente importantes, el factor decisivo fue sin duda la disponibilidad de una escritura totalmente alfabética y su amplia difusión entre la población griega. El resultado fue una explosión de creatividad en la poesía lírica y la filosofía.

Los primeros filósofos de los que tenemos alguna noticia proceden de la ciudad de Mileto, en la costa sur de Jonia. Los nombres de Tales, Anaximandro y Anaxímenes han llegado hasta nosotros desde el siglo VI, y el de Leucipo desde el V. Los fragmentos disponibles presentan al primer filósofo milesio, Tales, como un geómetra, astrónomo e ingeniero. Se le atribuye el haber predicho con éxito un eclipse solar en el 585. Sin embargo, las fuentes de esta leyenda no parecen particularmente fiables, y es improbable que en vida de Tales el conocimiento astronómico griego hubiera alcanzado el nivel que hiciera posible tal predicción. Otros fragmentos le atribuyen la teoría de que la Tierra (un disco plano) flota sobre el agua, una noción que puede ser un indicador más exacto de su sofisticación astronómica y cosmológica.[7]

Nuestro conocimiento de los milesios en general está condicionado por el problema de lo fragmentario y discutible de las fuentes; y debemos aproximarnos a todas las afirmaciones sobre los primeros filósofos griegos con un sano escepticismo. Sin embargo, lo que parece innegable es su interés en el problema de la realidad fundamental, el material básico del

7. Sobre los milesios, véanse Lloyd, *Early Greek Science*, cap. 2; David Furley, *The Greek Cosmologists*, vol. 1: *The Formation of the Atomic Theory and its Earliest Critics*; G. S. Kirk y J. E. Raven, *The Presocratic Philosophers*, caps. 2-4; y Jonathan Barnes, *The Presocratic Philosophers*, 1, caps. 2-3. Sobre Tales y la astronomía, véase D. R. Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle*, págs. 42-44.



MAPA 1. *El mundo griego hacia el 450 a.C.*

que estaba hecho el universo o a partir del que surgió. Aristóteles, que escribía en el siglo IV a.C. (desde sus propios intereses, y también él en posesión únicamente de una evidencia fragmentaria e indirecta), nos hizo el siguiente relato:

> Pues la fuente original de todas las cosas, aquella a partir de la cual una cosa llega por primera vez a ser y en la que finalmente se convierte al corromperse, la sustancia que persiste pero cuyos accidentes cambian, esto

> dicen [los primeros filósofos] es el elemento y primer principio de las cosas existentes, y por esta razón consideran que no hay un absoluto llegar a ser o perecer, apoyándose en que esta clase de naturaleza siempre se conserva.[8]

Según Aristóteles, Tales consideró que el agua era esta realidad fundamental, aunque Aristóteles tan sólo pudo especular acerca de cuáles eran las razones que había detrás de esta elección de Tales.

Otros milesios del siglo VI, presumiblemente estudiantes o discípulos de Tales (no tenemos un conocimiento preciso de sus biografías), parecen haber dado distintas respuestas a la misma pregunta. Anaximandro (florecido hacia el 550), según distintos informes posteriores, creyó que el origen de las cosas debía encontrarse en el *ápeiron*, lo ilimitado o indefinido, «una masa enorme, inagotable que se expande sin fin en todas direcciones», según uno de sus modernos intérpretes.[9] A partir del *ápeiron* surgió una semilla que dio origen al cosmos. Finalmente, parece que Anaxímenes (fl. 545) sostuvo que el material subyacente era aire, que podía rarificarse o condensarse para producir las distintas sustancias que encontramos en el mundo tal como nosotros lo conocemos. Cabe señalar que los milesios fueron materialistas y monistas, es decir, consideraron que la sustancia primera era algo material, y que era una.

Todo esto puede parecer primitivo. Y en cierto sentido lo es; no puede equipararse con ninguna teoría moderna, ni la anticipa. Pero comparar el pasado con el presente es una receta segura para distorsionar los logros del pasado. Cuando los milesios se comparan con sus inmediatos antecesores, su importancia se hace evidente inmediatamente. En primer lugar, los milesios plantearon un nuevo tipo de pregunta: ¿cuál es el origen de las cosas, o cuál es la realidad simple subyacente que puede tomar una variedad de formas para producir la diversidad de sustancias que nosotros percibimos? Esto significa una búsqueda de la unidad detrás de la diversidad y del orden detrás del cambio. Segundo, las respuestas ofrecidas por los milesios no contienen ninguna personificación o deificación de la naturaleza como las que hemos visto en Homero y en Hesíodo. Los milesios dejaron fuera a los dioses. En la mayoría de los casos, no sabemos lo que pueden haber pensado sobre los dioses olímpicos; pero no invocaron a los dioses para explicar el origen y la naturaleza de las cosas. Terce-

8. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, pág. 87.
9. Charles H. Kahn, *Anaximander and the Origin of the Greek Cosmology*, pág. 233.

ro, los milesios parecen haber sido conscientes de la necesidad no simplemente de afirmar sus teorías, sino también de defenderlas contra los críticos y competidores. De este modo asistimos a los inicios de la tradición de la evaluación crítica.[10]

Las especulaciones milesias acerca del material subyacente fueron sólo el inicio de una búsqueda que ha continuado hasta nuestros días. En la antigüedad, los milesios fueron sucedidos por varias escuelas de pensamiento. Cincuenta años después, Heráclito (fl. 500) de Éfeso (una ciudad jonia no lejos de Mileto) asociaba el origen de las cosas con el fuego: «Este cosmos no lo hizo ningún dios ni ningún hombre, sino que siempre fue, es y será fuego eterno, que se enciende según medida y se extingue según medida».[11] En la segunda mitad del siglo v, el materialismo del siglo vi fue adoptado y extendido por los atomistas Leucipo de Mileto (fl. 440) y Demócrito de Abdera (fl. 410). Leucipo y Demócrito sostuvieron que el mundo consiste en una infinidad de pequeños átomos que se mueven al azar en un infinito vacío. Los átomos, corpúsculos sólidos demasiado pequeños para ser vistos, incluyen una infinidad de formas; y explican la gran diversidad de sustancias y los complejos fenómenos que observamos por sus movimientos, colisiones y configuraciones transitorias. Leucipo y Demócrito incluso intentaron explicar la formación de mundos a partir de los vórtices o remolinos de átomos.[12]

Los atomistas ofrecían ingeniosas explicaciones de muchos otros fenómenos naturales, pero no podemos permitirnos desviarnos del tema principal. Lo importante respecto a los atomistas es su visión de la realidad como una maquinaria sin vida, en la que todo lo que ocurre es el resultado necesario de los átomos materiales, inertes, moviéndose según su naturaleza. Ninguna mente o divinidad se inmiscuye en este mundo. No hay lugar para la finalidad o la libertad, sólo gobierna la férrea necesidad. Esta visión del mundo mecanicista caería en desgracia con Platón y Aristóteles y sus seguidores; pero reapareció con fuerza (y con algunos nue-

10. G. E. R. Lloyd, *Desmytifying Mentalities*, esp. cap. 1; Lloyd, *Early Greek Science*, págs. 10-15.

11. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, 199. Sobre la interpretación de este pasaje, véanse también Furley, *Greek Cosmologists*, págs. 35-36; y Barnes, *Presocratic Philosophers*, 1, págs. 60-64.

12. Sobre los atomistas, véanse Furley, *Greek Cosmologists*, caps. 9-11; Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, cap. 17; Barnes, *Presocratic Philosophers*, 2, págs. 40-75; y Ciril Bailey, *The Greek Atomists and Epicurus*.

FIG. 2.3. *Ruinas de la antigua Éfeso.* SEF/Art Resource N. Y.

vos aspectos) en el siglo XVII y desde entonces ha constituido una poderosa fuerza en las discusiones científicas.

No todos los que investigaron el material subyacente fueron monistas o materialistas. Y además los dioses tampoco estuvieron ausentes de sus explicaciones. Empédocles de Agrigento (fl. 450), un contemporáneo de Leucipo en la segunda mitad del siglo V, identificó cuatro elementos o «raíces» (como él las llamó) de todas las cosas materiales: fuego, aire, tierra y agua (introducidos con atuendo mitológico como Zeus, Hera, Edoneo y Nestis). A partir de estas cuatro raíces, escribió Empédocles, «surgieron todos los seres que existieron, existen y existirán, los árboles, los varones y las mujeres, las bestias, las aves, los peces que se nutren del agua y también los dioses de larga vida, muy superiores en sus prerrogativas. Pues sólo estas cosas existen, las cuales, entremezclándose, adoptan plu-

ralidad de formas».[13] Pero los ingredientes materiales por sí solos no pueden explicar el movimiento y el cambio. Por ello, Empédocles introduce dos principios inmateriales adicionales: el amor y la discordia, que inducen a las cuatro raíces a congregarse y a separarse.

Empédocles no fue el único de los filósofos antiguos que incluyó principios inmateriales entre las cosas más fundamentales. Los pitagóricos de los siglos VI y V (concentrados especialmente en las colonias griegas del sur de Italia y que no conocemos individualmente, sino como una «escuela» de pensamiento) parecen haber sostenido, si entendemos su doctrina, que la realidad última es numérica más que material, no materia, sino número. Aristóteles informa de que en el curso de sus estudios matemáticos los pitagóricos se quedaron asombrados del poder de los números para explicar fenómenos tales como la escala musical. Según Aristóteles, «puesto que [...] las demás cosas parecían asemejarse a los números en su naturaleza toda, y los números eran los primeros de toda la naturaleza, pensaron que los elementos de los números eran los elementos de todos los entes, y que todo el cielo era armonía y número».[14] Ahora bien, este pasaje es oscuro, y nuestra incertidumbre viene agravada por la posibilidad de que Aristóteles no entendiera plenamente la enseñanza pitagórica o no fuera totalmente justo con ella. ¿Dijeron literalmente los pitagóricos que creían que las cosas materiales estaban construidas de números? ¿O pretendían afirmar únicamente que las cosas materiales tienen propiedades numéricas fundamentales y que tales propiedades permiten comprender la naturaleza de las cosas? Nunca lo sabremos con certeza. Una lectura sensata de la posición pitagórica es que en algún sentido los números vienen primero y que todo lo demás es su resultado. El número es, en este sentido, la realidad fundamental, y las cosas materiales derivan su existencia, o al menos sus propiedades, del número. Si deseamos ser más cautos, podemos afirmar al menos que los pitagóricos consideraban el número como un aspecto fundamental de la realidad, y las matemáticas como la herramienta básica para investigar esa realidad.[15]

13. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, págs. 328-329. Véase también Furley, *Greek Cosmologists*, cap. 7.

14. Aristóteles, *Metafísica*, I, 5, 985^{b}33-986^{a}2, en Jonathan Barnes (comp.), *The Complete Works of Aristotle*, 2, 1559. Sobre los pitagóricos, véanse Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, cap. 9; Furley, *Greek Cosmologists*, cap. 5; Barnes, *Presocratic Philosophers*, 2, págs. 76-94; y Lloyd, *Early Greek Science*, cap. 3.

15. En el siglo XIX, William Stanley Jevons captó bien esta versión de la visión pitagórica: «Los pitagóricos no dejaban de tener razón al representar el mundo como gober-

El problema del cambio

Si el problema filosófico más destacado del siglo VI fue esta cuestión de los orígenes e ingredientes fundamentales del mundo, en el siglo V pasó a ser dominante en el empresa filosófica una cuestión relacionada. Cuando realmente hayamos descubierto los ingredientes fundamentales del mundo, ¿puede haber alguna duda de que encontraremos que son inmutables? Parece que no. ¿Podría algo ser considerado realmente como realidad última si cambiara de forma o empezara y dejara de existir? ¿No insistiríamos en explicar el cambio en esta entidad remitiéndonos a algo incluso más último? Al final del proceso explicativo, debe haber algo fijo e inmutable. Si aceptamos, pues, que la realidad última debe ser inmutable, ¿es posible explicar, o incluso aceptar, la realidad del cambio? ¿Es la estabilidad en el nivel de la realidad última compatible con el cambio genuino en algún otro nivel? ¿Cómo puede ser el mundo estable y mutable?

Uno de los primeros filósofos en plantear este tema fue Heráclito, que ofreció una grandilocuente proclamación de la realidad del cambio. Se atribuye a Heráclito el haber afirmado que nadie puede bañarse dos veces en el mismo río (porque la segunda vez no es exactamente el mismo río), y esta opinión le convirtió en el símbolo, ya en la antigüedad, de la opinión según la cual todo se encuentra en un estado de flujo. Heráclito también defendió que una condición de equilibrio o estabilidad general puede ocultar el cambio subyacente en forma de fuerzas en contrapeso o de lucha de opuestos. Por ejemplo, hay una lucha permanente entre las sustancias tierra, agua y aire, cada una de las cuales se esfuerza por consumir a las demás; sin embargo, el equilibrio dinámico se alcanza a través del equilibrio general o la reciprocidad.[16]

Parménides (fl. 480, procedía de la ciudad griega de Elea, en el sur de Italia) negó lo que afirmaba Heráclito. Parménides escribió un largo poema filosófico (la filosofía todavía no había adoptado la prosa como su forma exclusiva de discurso) del que han sobrevivido largas secciones. En éste, Parménides adopta la posición radical de que el cambio —todo cam-

---

nado por el número. En casi todos nuestros actos de pensamiento entra el número, y a medida que podemos definir numéricamente disfrutamos de un conocimiento exacto y útil del universo». De *Principles of Science*, de Jevons, empleado como un epígrafe por Margaret Schabas, *A World Ruled by Numbers: William Stanley Jevons and the Rise of Mathematical Economics* (Princeton, Princeton University Press, 1990).

16. Lloyd, *Early Greek Science*, págs. 36-37; y Furley, *Greek Cosmologists*, págs. 33-36.

bio— es una imposibilidad lógica. Parménides empezó por negar, desde varias bases lógicas, la posibilidad de que una cosa pudiera pasar del no-ser al ser. Por ejemplo, si una cosa fuera a empezar a ser, ¿por qué en un momento en lugar de en otro, y por qué medios? Su conclusión fue que a partir de la nada no surge nada. «Pues esto nunca podrá ser probado —escribió—, que las cosas que son no son.»[17] Parménides procede, sobre bases análogas, a negar todas las formas de cambio. También negó la existencia del tiempo y de la pluralidad. Lo que existe es uno y ahora.

Zenón (fl. 450), pupilo de Parménides, extendió y defendió la doctrina parmenídea con un conjunto de pruebas sobre la posibilidad de una clase de cambio: el movimiento, o cambio de lugar. Una de sus pruebas, la «paradoja del estadio» ilustrará el enfoque de Zenón. Es imposible, arguye Zenón, atravesar un estadio, porque antes de que lo recorras todo debes recorrer la mitad; y antes de recorrer la mitad, debes recorrer una cuarta parte; antes de la cuarta parte, la octava; y así hasta el infinito. Para atravesar el estadio, pues, hay que atravesar una secuencia infinita de mitades, y es imposible atravesar, o incluso «entrar en contacto con ellos» (como Aristóteles afirma en su discusión de la paradoja), una infinidad de intervalos en un tiempo finito. El mismo argumento puede aplicarse a cualquier intervalo espacial, de lo cual se deduce que todo movimiento es imposible.[18]

Hoy todo esto puede parecer ridículo. Con un pequeño esfuerzo, Parménides y Zenón podrían haber abierto los ojos y observado los cambios por doquier a su alrededor. ¿Acaso no se levantaban por la mañana, disfrutaban de un buen desayuno y se dirigían al ágora (la plaza pública) para un duro día de filosofar? ¿Y no se daban cuenta de que hacer esto requería que se movieran? Sin duda. Parménides y Zenón sabían perfectamente lo que la experiencia enseña, pero la cuestión era si la experien-

17. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, 271. También Furley, *Greek Cosmologists*, págs. 36-42; Lloyd, *Early Greek Science*, págs. 37-39; y Barnes, *Presocratic Philosophers*, 1, caps. 10-11.

18. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, cap. 11; Barnes, *Presocratic Philosophers*, 1, caps. 12-13; el comentario de Aristóteles se encuentra en la *Física*, VI. 2. 233ª 22-23. En una segunda paradoja, Zenón describe una carrera entre Aquiles (conocido por su velocidad) y una tortuga (conocida por su lentitud): si a la tortuga se le da una ventaja inicial, por pequeña que sea, Aquiles jamás será capaz de alcanzarla, puesto que en el tiempo en que Aquiles alcanza el punto de partida de la tortuga, la tortuga se habrá movido más allá a una nueva posición; en el momento en que Aquiles alcance esta nueva posición, la tortuga se habrá movido más allá de ésta; y así *ad infinitum*.

cia era fiable. ¿Qué hace uno si la experiencia sugiere la realidad del cambio, mientras que la pulcra argumentación (con la debida atención a las reglas de la lógica) enseña sin ambigüedad su imposibilidad? Para Parménides y Zenón, la respuesta era clara: el proceso racional debe prevalecer. Parménides distinguió entre la «vía de la opinión», asociada con la observación, y la «vía de la verdad» seguida por la razón. En su poema advierte contra el dejar que la «costumbre, nacida de la experiencia, te obligue a dirigir por este camino tu mirada sin rumbo, tu oído resonante, o tu lengua; sino que juzga con la razón la muy discutida prueba que yo he propuesto».[19] Por tanto, sí, Parménides y Zenón aceptaban que la experiencia enseña la realidad del cambio. Pero sabían sobre bases racionales que esto era una ilusión, una agradable y poderosa ilusión, pero ilusión al fin y al cabo.

La negación por parte de Parménides de la posibilidad del cambio fue enormemente influyente y planteó un desafío que generaciones de filósofos se sintieron obligados a aceptar. Empédocles respondió con su teoría de las cuatro «raíces» o elementos materiales, más el amor y la discordia. Los elementos no nacen ni perecen, y de este modo la exigencia parmenídea fundamental queda satisfecha; pero éstos se unen, separan y mezclan en distintas proporciones, y así el cambio es genuino. Los atomistas Leucipo y Demócrito dieron por sentado que el átomo individual es absolutamente inmutable, de modo que en el nivel atómico no hay generación, corrupción o alteración de ninguna clase. Sin embargo, los átomos están en perpetuo movimiento, colisionando y juntándose; y a través del movimiento y de las configuraciones de los átomos se produce la variedad sin fin en el mundo de la experiencia sensible. Por eso, según los atomistas, la estabilidad fundamental subyace al cambio superficial; ambos están presentes, y ambos son reales.[20]

El problema del conocimiento

Hubo una tercera cuestión básica que asomaba en estas discusiones de la realidad subyacente y del cambio y la estabilidad que también afrontaron los primeros filósofos griegos, a saber, el problema del conocimiento (más técnicamente conocido como «epistemología»). Está implícito en

19. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, 271.
20. Lloyd, *Early Greek Science*, cap. 4.

la búsqueda de la realidad fundamental que subyace a la variedad de sustancias revelada por los sentidos: si los sentidos no revelan la unidad de las cosas, entonces debemos encontrar otros guías hacia la verdad. El problema del conocimiento se hace explícito en las discusiones del siglo v sobre el cambio y la estabilidad. La postura radical de Parménides en la cuestión del cambio tenía implicaciones epistemológicas bien definidas: si los sentidos revelan la existencia del cambio, queda demostrado que no son fiables. La verdad debe alcanzarse sólo por medio del uso de la razón. También los atomistas tendían a denigrar la experiencia sensible. Después de todo, los sentidos revelan las cualidades «secundarias» —colores, olores, sabores y cualidades táctiles— mientras que la razón enseña que sólo los átomos y el vacío existen realmente. En un fragmento que ha llegado hasta nosotros, Demócrito identifica «dos formas de conocimiento, una genuina, otra oscura. A la oscura pertenece todo lo siguiente: la vista, el oído, el olfato, el gusto, el tacto».[21] El fragmento se interrumpe antes de que la idea se complete, pero podemos asumir que a juicio de Demócrito el conocimiento genuino es el racional.

Si los primeros filósofos se inclinaban en favor de la razón por encima de los sentidos, esta tendencia no fue universal y no dejaba de haber reservas. Empédocles defendía los sentidos contra el ataque de Parménides. Puede que los sentidos no sean perfectos, decía, pero son guías útiles si se emplean con buen criterio. «Ea, considera con toda tu fuerza cómo cada cosa se hace manifiesta —escribió—, y empieza a no depositar mayor confianza en la vista que en el oído, a no poner el oído rumoroso por encima de las percepciones de la lengua, ni a detraer la confianza de ninguno de los demás órganos por los que es posible el conocimiento.» Y Anaxágoras (fl. 450) de Clazomene (otra ciudad de la costa jonia) mantenía en otro breve fragmento que los sentidos ofrecen «una vislumbre de lo oscuro».[22]

Uno de los beneficios que resultaron de los intereses epistemológicos griegos (del racionalismo griego en particular) fue que prestaron atención a las reglas del razonamiento, a la argumentación y a la evaluación de teorías. La lógica formal sería una creación de Aristóteles; pero sus predecesores de los siglos vi y v fueron progresivamente conscientes de la necesidad de comprobar la solidez de un argumento y de evaluar las bases sobre

21. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, pág. 422; Véase también Lloyd, *Early Greek Science*, cap. 4.

22. Kirk y Raven, *Presocratic Philosophers*, pág. 325 y 394.

las que descansaba una teoría. La sofisticación con la que Parménides y Zenón pudieron argumentar —su sensibilidad, por ejemplo, a las reglas de la inferencia y los criterios de prueba— demuestra hasta qué punto había llegado la filosofía griega en un siglo y medio.

El mundo de las formas de Platón

La muerte de Sócrates en el 399 a.C., que se produjo con el cambio de siglo (no de su calendario, naturalmente, sino del nuestro), significó un punto adecuado de demarcación en la historia de la filosofía griega. Así, los predecesores de Sócrates de los siglos VI y V (los filósofos que nos han ocupado hasta aquí en este capítulo) normalmente son llamados los «filósofos presocráticos». Pero la importancia de Sócrates es más que un accidente de calendario, pues Sócrates representa un cambio de énfasis dentro de la filosofía griega: se dejan de lado los intereses cosmológicos de los siglos VI y V para pasar a los temas políticos y éticos. Sin embargo, el cambio no fue tan drástico como para excluir una continua atención a los principales problemas de la filosofía presocrática. En la obra de Platón, el joven amigo y discípulo de Sócrates, encontramos tanto los antiguos como los nuevos.

Platón (427-348/347) nació en una distinguida familia ateniense, que participaba en los asuntos de Estado. Fue indudablemente un observador próximo de los acontecimientos políticos que llevaron a la ejecución de Sócrates. Después de la muerte de Sócrates, Platón dejó Atenas y visitó Italia y Sicilia, donde parece que entró en contacto con los filósofos pitagóricos. En el 388, Platón regresó a Atenas y fundó su propia escuela, la Academia, donde los hombres jóvenes podían seguir estudios avanzados (véase la figura 4.2). La producción literaria de Platón parece haber consistido casi enteramente en diálogos, la mayoría de los cuales han sobrevivido. Tendremos que ser muy selectivos en nuestro examen de la filosofía de Platón. Empecemos con su búsqueda de la realidad subyacente.[23]

En un pasaje de uno de sus diálogos, *La república*, Platón reflexiona sobre la relación entre las mesas reales construidas por un carpintero y la

23. El trabajo de investigación sobre Platón es enorme. Para introducciones recientes, breves, véanse R. M. Hare, *Plato*; y David J. Melling, *Understanding Plato*. Me ha influido especialmente Vlastos, *Plato's Universe*, y las traducciones-comentarios de varios diálogos platónicos de Francis M. Cornford.

FIG. 2.4. *Platón* (siglo I d.C., Copia), Museo Vaticano, Ciudad del Vaticano. Alinari/Art Resource N. Y.

idea o definición de una mesa en la mente del carpintero. El carpintero reproduce la idea mental tan fielmente como es posible en cada mesa que hace, pero siempre imperfectamente. No hay dos mesas manufacturadas que sean iguales hasta el último detalle, y las limitaciones en el material (un nudo aquí, un tablón combado allá) aseguran que ninguna conseguirá estar a la altura del ideal.

Ahora bien, sostiene Platón, hay un artesano divino que tiene la misma relación con el cosmos que el carpintero con sus mesas. El divino artesano (el Demiurgo) construye el cosmos de acuerdo con una idea o plan, de manera que el cosmos y todo lo que hay en él son copias (aunque siempre imperfectas a causa de las limitaciones inherentes a los materiales) de las ideas eternas o formas. En resumen, hay dos reinos: un reino de formas o ideas, que contiene la idea perfecta de cada cosa individual; y el reino material en el que estas formas o ideas son copiadas imperfectamente.

La noción platónica de dos reinos distintos parecerá extraña a mucha gente, y por tanto deberíamos insistir en varios puntos importantes. Las formas son incorpóreas, intangibles e insensibles; han existido siempre compartiendo la propiedad de la eternidad con el Demiurgo; y son abso-

lutamente inmutables. Incluyen la forma, la idea perfecta de todo lo que hay en el mundo material. No se habla de su localización puesto que son incorpóreas y por tanto no espaciales. Pero, aunque son incorpóreas e imperceptibles para los sentidos, existen objetivamente. Efectivamente, la verdadera realidad (la realidad en su plenitud) se halla sólo en el mundo de las ideas. El mundo sensible, corpóreo, por contraste, es imperfecto y transitorio. Es menos real en el sentido de que el objeto corpóreo es una copia de la forma, y por tanto dependiente de ésta para su existencia. Los objetos corpóreos existen secundariamente, mientras que las formas existen primariamente.

Platón ilustró estas concepciones de la realidad en su famosa «alegoría de la caverna», que se halla en el libro VII de *La república*. Los hombres están prisioneros dentro de una profunda caverna, encadenados de modo que son incapaces de mover sus cabezas. Detrás de ellos hay un muro, y más allá de éste un fuego. La gente camina abajo y arriba detrás del muro, llevando encima varios objetos, incluyendo estatuas de humanos y animales, que proyectan sombras sobre la pared de la caverna visibles para los prisioneros. Éstos ven sólo las sombras proyectadas por estas estatuas y otros objetos; y, habiendo vivido en la caverna desde la infancia, no recuerdan ninguna otra realidad. No sospechan que estas sombras son sólo imágenes imperfectas de objetos que ellos no pueden ver; y consecuentemente confunden las sombras con lo real.

Lo mismo sucede con todos nosotros, dice Platón. Somos almas prisioneras en cuerpos. Las sombras de la alegoría representan el mundo de la experiencia sensible. El alma, escudriñando fuera de su prisión, es capaz de percibir sólo estas vacilantes sombras, y el ignorante afirma que eso es todo lo que hay en la realidad. Sin embargo, existen las estatuas y otros objetos, de los que las sombras son pálidas representaciones, y los humanos y animales, de los que las estatuas son copias imperfectas. Para conseguir acceder a estas realidades superiores, debemos escapar de la servidumbre de la experiencia sensible y escalar la caverna hasta que finalmente seamos capaces de contemplar las realidades eternas, entrando de este modo en el reino del verdadero conocimiento.[24]

¿Cuáles son las implicaciones de estos puntos de vista para los intereses de los filósofos presocráticos? Primero, Platón equipara sus formas con la realidad subyacente, mientras que asigna una existencia derivada o secundaria al mundo corpóreo de las cosas sensibles. Segundo, Platón ha

24. Platón, *La república*, libro VII, 514a-521b.

hallado un lugar tanto para el cambio como para la estabilidad asignando cada uno a un nivel de realidad diferente: el mundo corpóreo es la escena de la imperfección y del cambio; mientras que el reino de las formas se caracteriza por la eterna perfección inmutable. Cambio y estabilidad son por tanto auténticos. Cada uno es característico de algo; pero la estabilidad pertenece a las formas y así comparte su realidad más plena.

Tercero, como hemos visto, Platón afronta cuestiones epistemológicas, oponiendo la observación y el verdadero conocimiento (o comprensión). Lejos de llevar hacia arriba al conocimiento o comprensión, los sentidos son cadenas que nos atan aquí abajo; la vía hacia el conocimiento pasa por la reflexión filosófica. Esto se hace explícito en el *Fedón*, donde Platón afirma la inutilidad de los sentidos para la adquisición de la verdad y señala que cuando el alma intenta emplearlos es inevitablemente engañada.

Ahora bien, la explicación breve de la epistemología de Platón frecuentemente acaba aquí, pero hay matices importantes cuya omisión supondría un serio error. De hecho, Platón no rechaza totalmente los sentidos, como había hecho Parménides y como el pasaje del *Fedón* podría sugerir que también hizo Platón. En la visión de Platón, la experiencia sensible cumplía varias funciones útiles. Primero, la experiencia sensible puede proporcionar sana diversión. Segundo, la observación de ciertos objetos sensibles (especialmente aquellos con aspectos geométricos) puede servir para dirigir el alma hacia objetos más nobles en el reino de las formas. Platón usó este argumento como justificación del cultivo de la astronomía. Tercero, Platón mantuvo (en su teoría de la reminiscencia) que la experiencia sensible puede realmente despertar la memoria y el recuerdo, por parte del alma, de las formas que ésta conoció en una existencia anterior, estimulando así un proceso de reflexión que llevará al conocimiento real de las formas. Finalmente, aunque Platón creía firmemente que el conocimiento de las formas eternas (la más alta y quizá la única forma verdadera de conocimiento) se obtiene sólo a través del uso de la razón, el reino cambiante de la materia también es un objeto de estudio aceptable. Tales estudios sirven para proporcionar ejemplos del funcionamiento de la razón en el cosmos. Si esto es lo que nos interesa (como en ocasiones interesó a Platón) seguramente el mejor modo de explorarlo es a través de la observación. La legitimidad y la utilidad de la experiencia sensible están claramente implícitas en *La república*, donde Platón acepta que un prisionero que sale de la caverna primero emplea su sentido de la vista para aprehender las criaturas vivientes, las estrellas, y finalmente

la más noble de las cosas (materiales) visibles, el Sol. Si aspira a aprehender «la realidad esencial», entonces debe proceder «por medio del discurso de la razón sin la ayuda de ninguno de los sentidos». Así pues, la razón y los sentidos son instrumentos que merece la pena poseer. Cuál empleamos en una determinada ocasión dependerá del objeto de estudio.[25]

Hay otro modo de expresar todo esto que puede arrojar luz sobre el logro de Platón. Cuando éste asignaba la realidad a las formas, de hecho estaba identificando la realidad con las propiedades que las clases de cosas tienen en común. El portador de la verdadera realidad no es (por ejemplo) este perro con la oreja izquierda colgante o este otro del ladrido amenazador, sino la forma idealizada de un perro, compartida (imperfectamente, sin duda) por cada perro individual, eso en virtud de lo cual somos capaces de clasificarlos a todos como perros. Por eso, para alcanzar el verdadero conocimiento, debemos dejar de lado todas las características peculiares de las cosas individuales y buscar las características compartidas que los definen en clases. Ahora bien, afirmado de esta forma modesta, el punto de vista de Platón tiene un toque distintivamente moderno. La idealización es una característica prominente de gran parte de la ciencia moderna. Desarrollamos modelos o leyes que pasan por alto lo incidental en favor de lo esencial (el principio de inercia de Galileo, por ejemplo, fue un intento de describir el movimiento bajo circunstancias ideales, quedando excluida toda resistencia o interferencia). Sin embargo, Platón fue más allá, manteniendo no meramente que la verdadera realidad tiene que hallarse en las propiedades comunes de las clases de cosas, sino también que esta propiedad común (la idea o forma) tiene una existencia objetiva, independiente y verdaderamente anterior.

La cosmología de Platón

Las doctrinas que hemos examinado —la respuesta de Platón a los presocráticos, que se halla en *La república* y en el *Fedón*, y varios otros diálogos— representa sólo una pequeña porción de toda su filosofía. Platón también escribió un diálogo, el *Timeo*, que muestra su interés por el mundo de la naturaleza. Aquí encontramos sus puntos de vista sobre astronomía, cosmología, la luz y el color, los elementos y la fisiología huma-

25. Lloyd, *Early Greek Science*, págs. 68-72. Platón, *Fedón*, 65b, y *La república*, libro VII, 532, traducción de Francis M. Cornford, pág. 252.

na. Dado que el *Timeo* dio a la alta Edad Media (antes del siglo XII) su única filosofía natural coherente, esta obra representa uno de los principales canales filosóficos de la influencia platónica, y por tanto exige nuestra atención.

Platón se refirió a los contenidos del *Timeo* como a «una historia probable», y esto ha inducido erróneamente a algunos lectores a considerarlo como un mito al que el propio Platón no dio ningún crédito. De hecho, Platón afirmó con toda claridad que éste era el mejor relato posible, que el tema no permitía nada mejor que un relato probable. La certeza sólo es alcanzable cuando damos una explicación de las formas eternas e inmutables. Cuando describimos lo imperfecto y mutable, nuestras descripciones inevitablemente comparten la imperfección y mutabilidad de su tema, y por tanto no podrán superar el nivel de la «probabilidad».

¿Qué encontramos en el *Timeo*? Una de sus características más llamativas es la vehemente oposición de Platón a ciertas características del pensamiento presocrático. Los *physikoi* habían privado al mundo de la divinidad; y con ello lo habían privado también de plan y propósito. Según estos filósofos, las cosas se comportan de acuerdo con sus naturalezas inherentes, y esto por sí sólo explica el orden y la regularidad del cosmos. Así pues, el orden es intrínseco en lugar de extrínseco; no es impuesto por un agente externo, sino que surge desde dentro.

Pues bien, Platón halló tal opinión no sólo estúpida sino peligrosa. No tenía intención de restaurar a los dioses del Olimpo, que interferían en las operaciones cotidianas del universo, pero estaba convencido de que el orden y la racionalidad del cosmos sólo podían ser explicados como la imposición de una mente externa. Si los *physikoi* hallaron la fuente del orden en la *physis* (naturaleza), él la ubicaría en la *psychē* (mente).[26]

Platón representó al mundo como la obra de un artesano divino, el Demiurgo. Según Platón, el Demiurgo es un artesano benevolente, un dios racional (de hecho, la personificación de la razón) que lucha contra las limitaciones inherentes a los materiales con los que tiene que trabajar con el fin de producir un cosmos tan bueno, bello e intelectualmente satisfactorio como sea posible. El Demiurgo toma el caos primitivo, lleno de material informe a partir del que será construido el cosmos, e impone orden siguiendo un plan racional. No se trata de la creación a partir de la

26. Vlastos, *Plato's Universe*, cap. 2; sobre la cosmología de Platón, véanse también *Plato's Cosmology: The «Timaeus» of Plato*, traducción y comentarios de Francis M. Cornford; y Richard D. Mohr, *The Platonic Cosmology*.

nada, como en el relato judeo-cristiano de la creación, pues los materiales brutos ya están presentes y poseen propiedades sobre las que el Demiurgo no tiene control. El Demiurgo tampoco es omnipotente pues se ve constreñido y limitado por los materiales con los que se enfrenta. Sin embargo, está claro que Platón pretendió representar al Demiurgo como un ser sobrenatural, distinto de, y exterior a, el cosmos que construía. Si Platón pretendió que sus lectores tomaran literalmente la figura del Demiurgo es otra cuestión, muy debatida, y quizás imposible de resolver. Lo que no es discutible es que Platón quería afirmar que el cosmos es el producto de la razón y de la planificación, que el orden en el cosmos es un orden racional, impuesto desde fuera a los recalcitrantes materiales.

El Demiurgo no es únicamente un artesano racional, sino también un matemático, pues construye el cosmos sobre principios geométricos. Platón asumió las cuatro raíces de Empédocles: tierra, agua, aire y fuego. Pero, bajo la influencia pitagórica, las redujo a algo más fundamental: triángulos. De este modo, postuló un «atomismo geométrico». Desde luego, los triángulos, en cuanto figuras bidimensionales, son incorpóreos. Sin embargo, si se combinan adecuadamente pueden formar corpúsculos tridimensionales, correspondiendo cada configuración diferente a uno de los cuatro elementos. En tiempos de Platón ya se conocía que había cinco y sólo cinco sólidos geométricamente regulares (figuras geométricas sólidas formadas por superficies planas, todas idénticas). Son el tetraedro (cuatro triángulos equiláteros), el cubo (seis cuadrados), el octaedro (ocho triángulos equiláteros), el dodecaedro (doce pentágonos) y el icosaedro (veinte triángulos equiláteros); véase la figura 2.5. Platón asociaba cada uno de los elementos con una de estas figuras —el fuego con el tetraedro (el más pequeño, puntiagudo y móvil de los sólidos regulares), el aire con el octaedro, el agua con el icosaedro y la tierra con el más estable de los sólidos regulares, el cubo—. Finalmente, Platón halló una función al dodecaedro (el sólido regular más próximo a la esfera) al identificarlo con el cosmos como un todo.[27]

Hay tres características de este esquema que merecen ser comentadas. Primero, explica el cambio y la diversidad del mismo modo que lo hacía la teoría de Empédocles: los elementos pueden mezclarse en distintas proporciones para producir la variedad en el mundo material. Segundo, permite la transmutación de un elemento en otro, con lo que además explica el cambio. Por ejemplo, un único corpúsculo de agua (el icosae-

27. Vlastos, *Plato's Universe*, cap. 3.

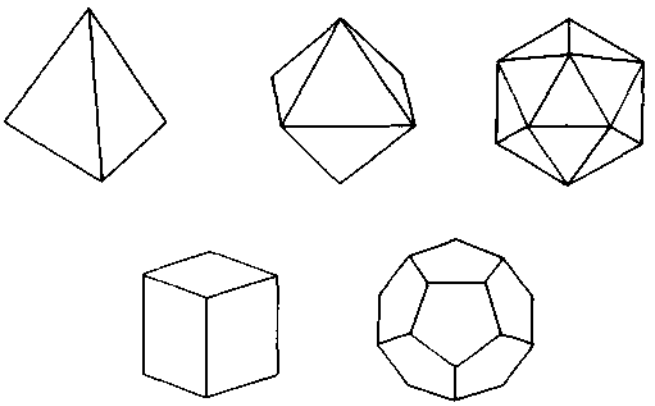


FIG. 2.5. *Los cinco sólidos platónicos: tetraedro, octaedro, icosaedro, cubo y dodecaedro.* Cortesía de J. V. Field.

dro) puede disolverse en sus veinte triángulos equiláteros, que entonces pueden recomponerse en, por ejemplo, dos corpúsculos de aire (el octaedro) y uno de fuego (el tetraedro). Sólo la tierra, que está compuesta de cuadrados (y el cuadrado dividido diagonalmente no produce triángulos equiláteros), está excluida de este proceso de transmutación. Tercero, los corpúsculos geométricos de Platón representan un paso significativo hacia la matematización de la naturaleza. Efectivamente, para nosotros es importante ver hasta qué punto es grande este paso. Los elementos de Platón no son sustancia material empaquetada como sólidos regulares. En un esquema de este tipo la materia todavía se aceptaría como el material fundamental. Para Platón, la figura es todo lo que hay: los corpúsculos son enteramente reducibles (sin residuo) a los sólidos regulares, que son reducibles a figuras geométricas planas. Agua, aire y fuego no son *triangulares*; son simplemente *triángulos*. El programa pitagórico de reducirlo todo a los primeros principios matemáticos se ha realizado.

Platón procedió a describir muchas características del cosmos. Echemos una mirada a unas pocas. Demostró un dominio bastante considerable de la cosmología y la astronomía. Propuso una Tierra esférica rodeada por la envoltura esférica de los cielos. Definió varios círculos en la esfera celeste, que indicaban los caminos del Sol, la Luna y otros planetas. Comprendió que el Sol se mueve a lo largo de la esfera celeste una vez al año sobre un círculo (que nosotros llamamos «eclíptica») inclinado respecto al ecuador celeste (véase la figura 2.6.). Sabía que la Luna realiza un circuito mensual aproximadamente por ese mismo camino. Sabía que Mer-

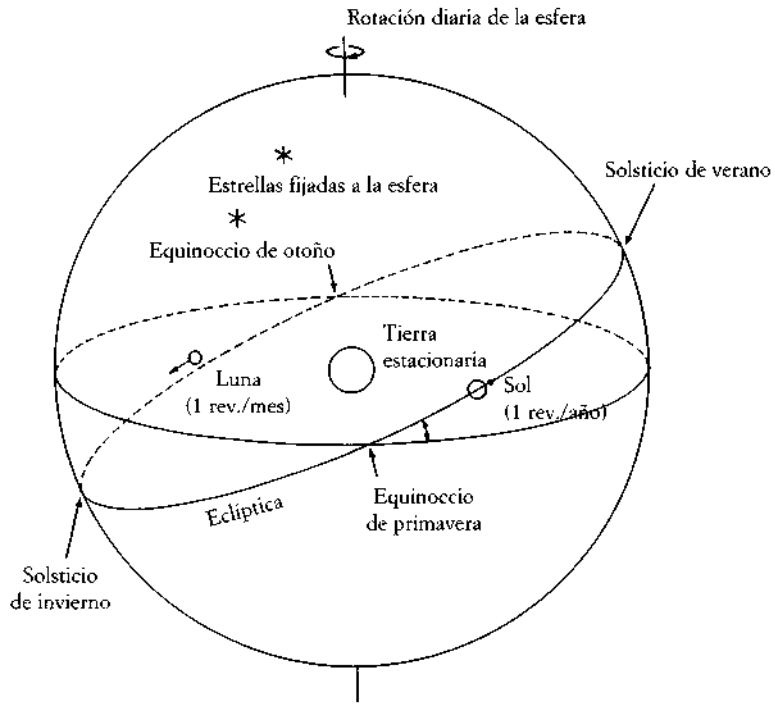


FIG. 2.6. *La esfera celestial según Platón.*

curio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno hacen lo mismo, cada uno a su propio paso y con ocasionales retrocesos, y que Mercurio y Venus nunca se apartan mucho del Sol. Incluso sabía que el movimiento conjunto de los cuerpos planetarios (si combinamos su lento movimiento a lo largo de la eclíptica con la rotación diaria de la esfera celeste) es espiral. Y lo que quizás es más importante, Platón parece haber comprendido que las irregularidades del movimiento planetario pueden ser explicadas mediante la composición de movimientos circulares uniformes.[28]

Cuando Platón descendió del cosmos al ámbito humano, ofreció una explicación de la respiración, la digestión, la emoción y la sensación. Por ejemplo, tenía una teoría de la luz que suponía que el fuego visual sale del ojo, interaccionando con la luz externa para crear un sendero visual que podía transmitir movimientos desde el objeto visible hasta el alma del observador. El *Timeo* ofrecía incluso una teoría de la enfermedad y esbozaba un régimen que aseguraría la curación.

28. *Ibid.*, cap. 2.

El cosmos que Platón presentó es admirable. ¿Cuáles eran sus características mas destacadas? A partir de los triángulos y sólidos regulares, el Demiurgo formó un producto final de la mayor racionalidad y belleza, y, según Platón, eso significa que el cosmos debe ser una criatura viviente. El Demiurgo, leemos en el *Timeo*, «deseando hacer el mundo lo más parecido posible a la cosa inteligible que es la mejor y la más completa en todo, lo hizo como una criatura viviente visible y única». Pero si el mundo es una criatura viviente, debe poseer un alma. Y, efectivamente, la posee. En el centro del cosmos, el Demiurgo «estableció un alma y provocó que ésta se extendiera a través de todo y además envolvió su cuerpo con el alma desde fuera. Y así formó un único mundo, circular y girando en un círculo, solitario pero capaz en virtud de su excelencia de ser su propia compañía, y que no necesita otra relación o amigo, sino que se basta a sí mismo». El alma del mundo es en última instancia responsable de todos los movimientos del cosmos, al igual que el alma humana es responsable de los movimientos del cuerpo humano. Vemos aquí los orígenes de una fuerte carga animista que iba a seguir siendo una característica importante de la tradición platónica. Sintiendo repugnancia por la necesidad inanimada del mundo atomista, Platón describió un cosmos animado, penetrado por la racionalidad, repleto de finalidad y de propósito.[29]

Tampoco está ausente la divinidad. Existe el Demiurgo, desde luego; pero además Platón asigna la divinidad al alma del mundo y considera que los planetas y las estrellas fijas son huéspedes de los dioses celestiales. Sin embargo, a diferencia de los dioses de la religión tradicional griega, las deidades de Platón nunca interrumpen el curso de la naturaleza. Muy al contrario, en la teoría de Platón, es la inmutabilidad de los dioses lo que garantiza la regularidad de la naturaleza. El Sol, la Luna y los otros planetas deben moverse con determinada combinación de movimientos circulares uniformes precisamente porque tal movimiento es el más perfecto y racional y, consecuentemente, ésa es la única clase de movimiento concebible para un ser divino. De este modo, la reintroducción de la divinidad por parte de Platón no representa una vuelta a la impredictibilidad del mundo homérico. Muy al contrario, para Platón la función de la divinidad era asegurar y explicar el orden y la racionalidad del cosmos. Platón restableció a los dioses precisamente para explicar las características del cosmos que, en la visión de los *physikoi,* requerían la eliminación de los dioses.[30]

29. Los pasajes citados son del *Timeo*, trad. de Cornford, 30d, pág. 40; 34b, pág. 58.
30. Vlastos, *Plato's Universe*, págs. 61-65; Friedrich Solmsen, *Plato's Theology*.

El logro de la filosofía griega inicial

Si examinamos la filosofía griega inicial con una mirada científica moderna, ciertas partes resultan familiares. La investigación presocrática sobre la forma y disposición del cosmos, su origen, o sus ingredientes fundamentales nos recuerda cuestiones que todavía se investigan en la moderna astrofísica, en la cosmología y en la física de partículas. Sin embargo, otras partes de la primera filosofía nos parecen mucho más ajenas. Hoy, los científicos en activo no se preguntan si el cambio es lógicamente posible o dónde tiene que hallarse la verdadera realidad. Y resultaría una proeza considerable que apareciera, por ejemplo, un físico o un químico que se preocupara de cómo equilibrar las respectivas pretensiones de la razón y de la observación. Estas cuestiones ya no son tratadas por los científicos. ¿Se sigue de ello que los primeros filósofos que dedicaron sus vidas a tales cuestiones eran «acientíficos», quizás incluso que iban descaminados o que eran lerdos?

La cuestión requiere ser tratada con cierta delicadeza. Indudablemente, el hecho de que los *physikoi* estuvieran interesados en algunas cuestiones que ya no despiertan interés no es un cargo contra su empresa. En el curso de cualquier esfuerzo intelectual, algunos problemas se resuelven, mientras que otros pasan de moda. Pero la objeción puede ir mucho más al fondo: ¿hay cuestiones que son intrínsecamente inapropiadas o ilegítimas, cuestiones que eran fútiles desde el principio? ¿Perdieron el tiempo Platón y los *physikoi* con alguna de ellas? Quizá podemos responder de este modo: temas tales como la identidad de la realidad última, la distinción entre natural y sobrenatural, la fuente del orden en el universo, la naturaleza del cambio y los fundamentos del conocimiento son totalmente distintos de la explicación de los datos observacionales de pequeña escala (digamos, la caída de un cuerpo pesado, una reacción química o un proceso fisiológico) que han ocupado a los científicos desde hace unos pocos siglos. Pero ser diferente no quiere decir carecer de sentido. Al menos hasta Newton, estos temas más amplios exigieron tanta atención por parte del estudioso de la naturaleza como los problemas que ahora llenan un curso universitario de ciencia. Tales cuestiones era interesantes y esenciales precisamente porque eran parte del esfuerzo para crear un marco conceptual y un vocabulario para investigar el mundo. Eran cuestiones fundacionales. Y, a menudo, el destino de las cuestiones fundacionales es carecer de sentido para las generaciones posteriores que dan por sentados los fundamentos. Hoy, por ejemplo, podemos encon-

trar obvia la distinción entre lo natural y lo sobrenatural, pero hasta que la distinción fue cuidadosamente trazada, la investigación de la naturaleza no pudo empezar apropiadamente.

Así pues, los primeros filósofos empezaron en el único lugar posible: el principio. Ellos crearon una concepción de la naturaleza que ha servido como fundamento de la creencia científica y de la investigación en el transcurso de los siglos: la concepción de la naturaleza presupuesta, más o menos, por la ciencia moderna. En el ínterin, muchas de las cuestiones que plantearon han sido resueltas, a menudo con soluciones toscas, y no definitivas, pero resueltas de modo suficiente para desaparecer de la vanguardia de la atención científica. A medida que se han perdido de vista, su lugar ha sido ocupado por una colección de investigaciones mucho más restringidas. Si queremos entender la empresa científica en toda su riqueza y complejidad, debemos ver que sus dos partes —el fundamento y la superestructura— son complementarias y recíprocas. La moderna investigación de laboratorio se hace dentro de un amplio marco conceptual y ni siquiera puede empezar sin expectativas acerca de la naturaleza y la realidad subyacente. A su vez, las conclusiones de la investigación de laboratorio refluyen de nuevo sobre estas nociones más fundamentales, forzando un refinamiento y (ocasionalmente) la revisión. La tarea del historiador es apreciar la empresa científica en toda su diversidad. Si el jardín de los *physikoi* está situado al inicio del camino de la ciencia moderna, entonces el historiador de la ciencia puede entretenerse con provecho en sus sombreados rincones antes de embarcarse en su viaje.

Capítulo 3

La filosofía de la naturaleza de Aristóteles

Vida y obras

Aristóteles nació en el 384 a.C. en la ciudad de Estagira, en el norte de Grecia, en una familia privilegiada. Su padre era el médico personal del rey macedonio Amintas II (abuelo de Alejandro Magno). Aristóteles tuvo la ventaja de recibir una educación excepcional: a los diecisiete años, fue enviado a Atenas para estudiar con Platón. Permaneció en Atenas, como miembro de la Academia platónica durante veinte años, hasta la muerte de Platón hacia el 347. Entonces Aristóteles dedicó varios años a viajar y a estudiar, cruzando el mar Egeo hacia Asia Menor (la moderna Turquía) y sus islas costeras. Durante este periodo llevó a cabo estudios biológicos, y encontró a Teofrasto, que iba a convertirse en su pupilo y colega durante toda su vida, antes de volver a Macedonia para convertirse en el tutor del joven Alejandro (posteriormente «Magno»). En el 335, cuando Atenas cayó bajo el poder de Macedonia, Aristóteles volvió a esta ciudad y empezó a enseñar en el Liceo, un jardín público frecuentado por enseñantes. Permaneció allí, fundando una escuela, hasta poco antes de su muerte en el 322.[1]

A lo largo de su dilatada carrera como estudiante y como maestro, Aristóteles afrontó sistemática y globalmente las cuestiones filosóficas más importantes de su tiempo. Se le atribuyen más de 150 tratados, de los cuales unos 30 han llegado hasta nosotros. Las obras que se han conservado parecen consistir básicamente en notas para las clases o tratados inacabados que no estaban pensados para una amplia difusión. Sea cual

1. Para más información sobre el Liceo, véase más adelante el cap. 4.

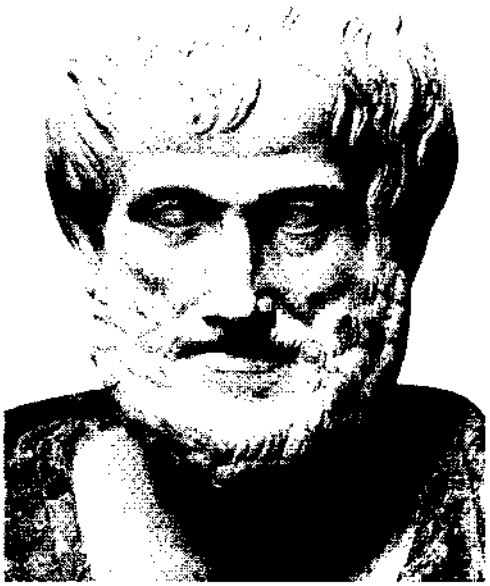


FIG. 3.1. *Aristóteles*, Museo Nazionale, Roma. Alinari/Art Resource N. Y.

sea su origen, obviamente estaban dirigidas a estudiantes avanzados o a otros filósofos. En la traducción moderna, ocupan más de treinta centímetros de estantería y contienen un sistema filosófico abrumador en poder y alcance. Es imposible para nosotros revisar toda la filosofía de Aristóteles, y debemos contentarnos con examinar las partes fundamentales de su filosofía de la naturaleza empezando por su respuesta a las posiciones adoptadas por los presocráticos y por Platón.[2]

METAFÍSICA Y EPISTEMOLOGÍA

Durante su larga relación con Platón, naturalmente Aristóteles había llegado a conocer profundamente la teoría platónica de las formas. Platón había rebajado drásticamente (sin rechazarla totalmente) la realidad del mundo material observado por los sentidos. La realidad en su perfecta plenitud, afirmaba Platón, la poseen únicamente las formas eternas, que

2. Hay una muy amplia y excelente literatura introductoria sobre Aristóteles; véanse especialmente Jonathan Barnes, *Aristotle*; Abraham Edel, *Aristotle and His Philosophy*; y G. E. R. Lloyd, *Aristotle: The Growth and Structure of His Thought*.

no dependen de ninguna otra cosa para su existencia. Los objetos que componen el mundo sensible, por el contrario, derivan sus características y su ser de las formas. Se sigue que los objetos sensibles existen sólo derivada o dependientemente.

Aristóteles se negó a aceptar este estatus dependiente que Platón asignó a los objetos sensibles. Deben tener existencia autónoma, pues en su visión son lo que constituye el mundo real. Además, Aristóteles afirmó que los rasgos que dan su carácter a un objeto individual no tienen una existencia anterior y separada en un mundo de formas, sino que pertenecen al propio objeto. No existe la forma perfecta de un perro, por ejemplo, que exista independientemente y esté copiada imperfectamente en los perros individuales, confiriéndoles sus atributos. Para Aristóteles existían únicamente perros individuales. Ciertamente esos perros compartían un conjunto de atributos —pues de otro modo no tendríamos derecho a llamarlos «perros»—, pero estos atributos existen en, y pertenecen a, los perros individuales.

Quizás este modo de ver el mundo tiene un toque familiar. Hacer de los objetos sensibles individuales las realidades primarias («sustancias» las llama Aristóteles) le parecerá de sentido común a la mayoría de los lectores de este libro, y probablemente también les pareció así a los contemporáneos de Aristóteles. Pero, si resulta de sentido común, ¿puede también ser una buena filosofía? Es decir, ¿puede afrontar con éxito, o al menos plausiblemente, las difíciles cuestiones filosóficas planteadas por los presocráticos y por Platón, la naturaleza de la realidad fundamental, los intereses epistemológicos y el problema del cambio y la estabilidad? Consideremos estos problemas uno por uno.[3]

La decisión de ubicar la realidad en los objetos sensibles, corpóreos, todavía no nos dice mucho sobre la realidad, sólo que debemos buscarla en el mundo sensible. Ya en tiempos de Aristóteles, cualquier filósofo hubiera exigido saber más. Una cosa que habría exigido saber era si los objetos corpóreos son irreductibles o deben ser considerados compuestos de constituyentes más fundamentales. Aristóteles afrontó esta cuestión trazando una distinción entre las propiedades y sus sujetos (el calor y el objeto cálido, por ejemplo). Mantuvo (como lo haría la mayoría de nosotros) que una propiedad tiene que ser la propiedad *de* algo. Nosotros llamamos a ese algo su «sujeto». Para ser una propiedad hay que pertenecer a un sujeto; las propiedades no pueden existir independientemente.

3. Barnes, *Aristotle*, págs. 32-51; Edel, *Aristotle*, caps. 3-4; Lloyd, *Aristotle*, cap. 3.

Así pues, los objetos corpóreos individuales tienen propiedades (color, peso, textura y similares) y alguna otra cosa distinta de las propiedades que les sirve de sujeto. Estos dos papeles están representados, respectivamente, por la «forma» y por la «materia» (términos técnicos que para Aristóteles no significan exactamente lo mismo que para nosotros). Los objetos corpóreos son «compuestos» de forma y de materia, la forma consiste en las propiedades que hacen que la cosa sea lo que es, la materia sirve de sujeto o sustrato para la forma. Una roca blanca, por ejemplo, es blanca, dura, pesada, etc., en virtud de su forma. Pero la materia también debe estar presente, para servir de sujeto para la forma, y la materia por sí misma no aporta propiedades a su unión con la forma.[4] (La doctrina de Aristóteles se discutirá más ampliamente en el capítulo 12, en conexión con los intentos medievales de clarificarla y extenderla.)

En realidad, nunca podemos separar forma y materia. Se nos presentan solamente como un todo unificado. Si existieran separadas, seríamos capaces de poner las propiedades (que no serían las propiedades *de* algo) en un montón, y la materia (sin ninguna propiedad en absoluto) en otro; algo imposible, obviamente. Pero si la forma y la materia nunca pueden existir separadas, ¿no carece de sentido hablar de ellas como constituyentes *reales* de las cosas? ¿No se trata de una distinción puramente lógica, que existe en nuestras mentes, pero no en el mundo real? Para Aristóteles, ciertamente, no; y quizá tampoco para nosotros. La mayoría de nosotros lo pensaría dos veces antes de negar la realidad del frío o del rojo, aunque nunca podamos llenar un cubo de uno u otro. En resumen, Aristóteles nos sorprende una vez más usando nociones del sentido común para construir un persuasivo edificio filosófico.

La afirmación aristotélica de que las realidades primarias son individuos concretos ciertamente tiene implicaciones epistemológicas, puesto que el verdadero conocimiento debe serlo de lo verdaderamente real. Debido a este criterio, la atención de Platón se había dirigido naturalmente hacia las formas eternas, cognoscibles por medio de la razón o de la reflexión filosófica. La metafísica de los objetos individuales de Aristóteles, por el contrario, dirigió su búsqueda del conocimiento hacia el mundo de los individuos, de la naturaleza y del cambio, un mundo hallado mediante los sentidos.

La epistemología de Aristóteles es compleja y sofisticada. Aquí tendremos que limitarnos a indicar que el proceso de la adquisición del co-

4. El término técnico usado para denotar esta doctrina de Aristóteles es «hilemorfismo», de *hylē*, el término griego para «materia», y *morphē*, el término griego para «forma».

nocimiento empieza con la experiencia sensible. A partir de la experiencia sensible repetida se sigue la memoria. Y a través de la memoria, por un proceso de «intuición» o comprensión, el investigador experimentado es capaz de discernir las características universales de las cosas. Mediante la repetida observación de los perros, por ejemplo, el criador de perros experimentado llega a saber lo que un perro es realmente. Es decir, llega a entender la forma o la definición de un perro, los rasgos cruciales sin los cuales un animal no puede ser un perro. Nótese que Aristóteles, no menos que Platón, estaba decidido a captar el universal. Pero, a diferencia de su maestro, Aristóteles afirmaba que debe hacerse empezando con el individuo. Una vez que poseemos la definición universal, podemos usarla como premisa de demostraciones deductivas.[5]

Así el conocimiento se alcanza mediante un proceso que empieza con la experiencia (un término suficientemente amplio, en algunos contextos, para incluir la opinión común o los informes de observadores distantes). En este sentido el conocimiento es empírico. Nada puede ser conocido al margen de tal experiencia. Pero lo que aprendemos mediante este proceso «inductivo» no adquiere el estatus de verdadero conocimiento hasta que se presenta en forma deductiva. El producto final es una demostración deductiva (bellamente ilustrada por una prueba euclídea) que empieza a partir de las definiciones universales como premisas. Aunque Aristóteles trató tanto la fase inductiva como la deductiva (esta última mucho más que la primera) en la adquisición del conocimiento, se detuvo mucho antes que los metodólogos posteriores, especialmente en lo que afecta al análisis de la inducción.

Ésta es la teoría del conocimiento esbozada por Aristóteles en abstracto. ¿Es también el método realmente empleado en sus propias investigaciones científicas? Probablemente no, quizá con una excepción ocasional. Al igual que el científico moderno, Aristóteles no procedió siguiendo un recetario metodológico, sino más bien mediante métodos aproximados a su disposición, procedimientos familiares que a su vez habían sido probados en la práctica. Alguien ha definido la ciencia como «hacer lo que uno puede, sin restricciones». Cuando se ocupó de (por ejemplo) sus amplias investigaciones biológicas, eso es exactamente lo que Aristóteles hizo. No es una sorpresa, ni ciertamente un defecto de ca-

5. Sobre la epistemología de Aristóteles, véanse especialmente Edel, *Aristotle*, caps. 12-15; Lloyd, *Aristotle*, cap. 6; Jonathan Lear, *Aristotle, The Desire to Understand*, cap. 4; y Marjorie Grene, *A Portrait of Aristotle*, cap. 3.

rácter, que, en el curso de su reflexión acerca de la naturaleza y de los fundamentos del conocimiento, Aristóteles formulara un esquema teórico (una epistemología) que no era perfectamente consistente con su propia práctica científica.[6]

Naturaleza y cambio

En el siglo v a.C., el problema del cambio se había convertido en una famosa cuestión filosófica. En el siglo iv, Platón la había afrontado restringiendo el cambio a las réplicas materiales imperfectas del mundo inmutable de las formas. Para Aristóteles, un distinguido naturalista que estaba filosóficamente comprometido con la plena realidad de los individuos mutables que constituían el mundo sensible, el problema del cambio era de lo más apremiante.[7]

El punto de partida de Aristóteles fue la asunción del sentido común de que el cambio es auténtico. Pero eso, por sí mismo, no nos lleva muy lejos. Aún queda por demostrar que la idea del cambio puede resistir al escrutinio filosófico, y todavía hay que mostrar cómo puede ser explicado el cambio. Aristóteles tenía en su arsenal varias armas con las que conquistar estas metas. La primera era su doctrina de la forma y la materia. Si cada objeto está constituido por forma y materia, entonces Aristóteles podía dar cabida al cambio y a la estabilidad argumentando que cuando un objeto sufre un cambio, su forma cambia (por un proceso de sustitución, en el que la nueva forma reemplaza a la vieja) mientras que su materia permanece. Aristóteles seguía argumentando que el cambio en la forma tiene lugar entre un par de contrarios, uno de los cuales es la forma que ha de alcanzarse y el otro es su privación o ausencia. Cuando lo seco se vuelve húmedo o lo frío se vuelve caliente, se trata de un cambio desde la privación (seco o frío) a la forma deseada (húmedo o caliente). Así, para Aristóteles, el cambio nunca es indefinido, sino que está confinado al estrecho corredor que conecta pares de cualidades contrarias. De este modo el orden es discernible incluso en medio del cambio.

Un seguidor convencido de Parménides podría protestar aduciendo

6. Sobre este tema, véase Jonathan Barnes «Aristotle's Theory of Demonstration»; G. E. R. Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, págs. 200-220.

7. Sobre el cambio, véanse especialmente Edel, *Aristotle*, págs. 54-60; y Sarah Waterlow, *Nature, Change, and Agency in Aristotle's «Physics»*, caps. 1 y 3.

que hasta este punto el análisis no ha hecho nada para escapar a la objeción parmenídea a todo cambio, basada en que inevitablemente exige la emergencia de algo a partir de nada. La respuesta de Aristóteles se encuentra en su doctrina de la potencia y el acto. Aristóteles indudablemente habría concedido que *sí* las dos únicas posibilidades son ser y no ser, es decir, si las cosas existen o no existen, entonces la transición de lo no caliente a lo caliente implicaría el paso del no ser al ser (del no ser de lo caliente al ser de lo caliente) y de este modo sería vulnerable a la objeción de Parménides. Pero Aristóteles creyó que la objeción podía ser sorteada con éxito suponiendo que hay tres categorías asociadas con el ser: 1) no ser, 2) ser potencial y 3) ser actual. Si esto es así, entonces el cambio puede tener lugar entre el ser potencial y el ser actual sin que el no ser entre en escena. Una semilla, por ejemplo, es potencialmente, pero no actualmente, un árbol. Al hacerse árbol, se convierte actualmente en lo que era ya potencialmente. De este modo, el cambio implica el paso de la potencia al acto, no del no ser al ser, sino de una clase de ser a otra clase de ser. Quizás esta doctrina queda mejor ilustrada en el ámbito biológico, pero su aplicabilidad es general. Un cuerpo pesado sostenido por encima de la Tierra cae para realizar su potencia (de estar situado junto con otras cosas pesadas alrededor del centro del universo). Y un bloque de mármol tiene la potencia de asumir cualquier forma que el escultor elija darle.

Si bien estos argumentos nos permiten escapar a los dilemas lógicos asociados a la idea de cambio, y por tanto creer en la posibilidad del cambio, no nos dicen nada sobre la causa del cambio. ¿Por qué una semilla pasa de ser un árbol potencial a ser un árbol real, o un objeto pasa de ser negro a ser blanco, en lugar de permanecer en su estado original? Eso nos lleva a la idea de Aristóteles sobre la naturaleza y la causalidad.

El mundo que habitamos es un mundo ordenado, en el que las cosas generalmente se comportan de modo predecible, dice Aristóteles, debido a que cada objeto natural tiene una «naturaleza», un atributo (asociado primariamente con la forma) que hace que el objeto se comporte del modo que acostumbra, a no ser que intervengan obstáculos insuperables. Para Aristóteles, un brillante zoólogo, el crecimiento y desarrollo de los organismos biológicos era fácilmente explicable por la actividad de tal fuerza impulsora interna. Una bellota se convierte en un roble a causa de su naturaleza. Pero la teoría era aplicable más allá del desarrollo biológico y, ciertamente, más allá del ámbito biológico en su conjunto. Los perros ladran, las rocas caen y el mármol cede al martillo y al cincel del escultor a causa de sus respectivas naturalezas. En última instancia, todo cambio y movi-

miento en el universo puede retrotraerse a las naturalezas de las cosas. Para el filósofo natural, que por definición está interesado en el cambio y en las cosas susceptibles de cambio, estas naturalezas son el objeto central de estudio. Sólo necesitamos añadir dos notas a esta declaración general de la teoría aristotélica de la «naturaleza»: que no se aplica a los objetos producidos artificialmente, pues tales objetos no poseen un principio interno de cambio, sino que son únicamente los receptores de influencias externas; y que la naturaleza de un organismo complejo no resulta de una suma o mezcla de las naturalezas de los constituyentes materiales, sino que es una naturaleza única característica de este organismo como un todo unificado.[8]

Con esta teoría de la naturaleza en mente, podemos entender una característica de la práctica científica de Aristóteles que ha confundido y afligido a los comentadores y críticos modernos, a saber, la ausencia en su trabajo de algo parecido a la experimentación controlada. Desafortunadamente, tales críticos no toman en cuenta los propósitos de Aristóteles, propósitos que limitan drásticamente sus opciones metodológicas. Si, como Aristóteles creía, la naturaleza de una cosa tiene que descubrirse a través del comportamiento de dicha cosa en su estado natural, sin trabas, entonces las imposiciones artificiales meramente serán una interferencia. Si, a pesar de la interferencia, el objeto se comporta del modo que suele hacerlo, nos hemos molestado en vano. Si establecemos condiciones que evitan que la naturaleza de un objeto se manifieste a sí misma, todo lo que hemos aprendido es que puede ser interferida hasta el punto de permanecer oculta. El experimento no revela nada sobre las naturalezas que no podamos aprender mejor de algún otro modo. Por tanto, la práctica científica de Aristóteles no tiene que explicarse como el resultado de la estupidez o deficiencia por su parte —la incapacidad de percibir una mejora obvia del modo de proceder—, sino como un método compatible con el mundo tal como él lo percibía y bien adaptado a las cuestiones que le interesaban. La ciencia experimental no emergió cuando, por fin, la raza humana produjo a alguien suficientemente inteligente para percibir que las condiciones artificiales podían ayudar en la exploración de la naturaleza, sino cuando los filósofos empezaron a plantearse preguntas a las que tal procedimiento prometía dar respuesta.[9]

8. Sobre la concepción de la naturaleza de Aristóteles, véanse Waterlow, *Nature, Change, and Agency*, caps. 1-2; y James Weisheipl, «The Concept of Nature».

9. Waterlow, *Nature, Change, and Agency*, págs. 33-34; Ernan McMullin, «Medieval and Moldern Science: Continuity or Discontinuity?», págs. 103-129, esp. 118-119.

Para completar nuestro análisis de la teoría del cambio de Aristóteles, debemos considerar brevemente las famosas cuatro causas a las que éste alude. Para comprender un cambio o la producción de un artefacto hay que conocer sus causas (quizá mejor traducirlas como «las condiciones y factores explicativos»). Éstas son cuatro: la forma que recibe una cosa; la materia que subyace a esta forma, que permanece a través del cambio; el agente que produce el cambio; y la finalidad a la que apunta el cambio. Se llaman, respectivamente, causa formal, causa material, causa eficiente y causa final. Para tomar un ejemplo extremadamente simple —la producción de una estatua— la causa formal es la forma dada al mármol, la causa material es el mármol que recibe esta forma, la causa eficiente es el escultor, y la causa final es el propósito para el que se hace la estatua (quizás el embellecimiento de Atenas o la celebración de uno de sus héroes). Hay casos en los que identificar una u otra de las causas resulta difícil o en los que una u otra de las causas se funden, pero Aristóteles estaba convencido de que sus cuatro causas proporcionaban un esquema analítico de aplicabilidad general.

Hemos dicho lo suficiente sobre la distinción forma-materia para que resulte claro lo que significan las causas formal y material, y la causa eficiente está suficientemente próxima a las nociones modernas de causalidad para requerir mayor comentario. Pero la causa final requiere unas pocas palabras de explicación. En primer lugar, «causa final» es un cognado español derivado del latín *finis*, que significa «meta», «propósito», o «fin», y no tiene nada que ver con el hecho de que a menudo aparezca en último lugar en la lista de las causas aristotélicas. Aristóteles afirmó, bastante correctamente, que muchas cosas no pueden ser entendidas sin conocer el propósito o la función. Para explicar la disposición de los dientes en la boca, por ejemplo, debemos entender sus funciones (dientes afilados en la parte frontal para rasgar, los molares en la parte de atrás para moler). O para tomar un ejemplo del campo inorgánico, no es posible captar por qué una sierra está hecha del modo en que lo está sin conocer la función para la que está pensada. Aristóteles fue suficientemente lejos como para dar prioridad a la causa final sobre la causa material, haciendo notar que el propósito de la sierra determina el material (hierro) del que debe estar hecha, mientras que el hecho de que dispongamos de una pieza de hierro no determina en absoluto que la convertiremos en una sierra.[10]

10. Edel, *Aristotle*, cap. 5.

Quizás el punto más importante a destacar acerca de la causa final es su clara ilustración del papel del propósito (el término más técnico es «teleología») en el universo aristotélico. El de Aristóteles no es el mundo inerte, mecánico de los atomistas, en el que el átomo individual sigue su propio camino haciendo caso omiso de todos los demás. El mundo de Aristóteles no es un mundo de azar y coincidencia, sino un mundo ordenado, organizado, un mundo de propósitos, en el que las cosas se desarrollan hacia fines determinados por sus naturalezas. Sería injusto y un sinsentido juzgar el éxito de Aristóteles por el grado en el que anticipa la ciencia moderna (como si su meta fuese contestar a nuestras preguntas, en lugar de a las suyas). Sin embargo, cabe señalar que el énfasis en la explicación funcional a la que conduce la teleología de Aristóteles acabaría teniendo una profunda repercusión en todas las ciencias, y que hasta hoy sigue siendo un modo dominante de explicación en las ciencias biológicas.

Cosmología

Aristóteles no sólo ideó métodos y principios mediante los cuales investigar y entender el mundo: forma y materia, naturaleza, potencia y acto, y las cuatro causas. Al hacerlo, también desarrolló detalladas e influyentes teorías sobre una gama enorme de fenómenos naturales, desde los cielos, en lo alto, hasta la Tierra y sus habitantes, abajo.[11]

Empecemos por la cuestión de los orígenes. Aristóteles niega firmemente la posibilidad de un comienzo, insistiendo en que el universo debe ser eterno. La alternativa —que el universo empezara a existir en algún momento del tiempo— le parece impensable, por violar (entre otras cosas) los reparos parmenídeos respecto a algo que surge de nada. La posición de Aristóteles acerca de esta cuestión resultaría problemática para sus comentadores medievales.

Aristóteles consideró que este universo eterno era una gran esfera, dividida en una región superior y otra inferior por el caparazón esférico en el que está situada la Luna. Por encima de la Luna está la región celestial; por debajo está la región terrestre. La Luna, espacialmente intermedia, también es de naturaleza intermedia. La región terrestre o sublunar se caracteriza por el nacimiento, la muerte y cambios transitorios de todas cla-

11. Véanse especialmente Friederich Solmsen, *Aristotle's System of the Physical World*; y Lloyd, *Aristotle*, caps. 7-8.

ses. La región celeste o supralunar, en cambio, es una región de ciclos eternamente inmutables. Que este esquema tiene su origen en la observación parece bastante claro. En su *Acerca del cielo*, Aristóteles señala que «en todo el tiempo pasado, hasta donde alcanzan nuestros registros, no parece haber tenido lugar ningún cambio ni en el esquema del cielo superior como un todo ni en ninguna de las partes que le son propias».[12] Si en los cielos observamos movimiento circular eternamente invariable, continuo, podemos inferir que los cielos no están hechos de los elementos terrestres, cuya naturaleza (la observación lo pone de manifiesto) es subir o caer con movimientos rectilíneos transitorios. Los cielos tienen que estar hechos de un quinto elemento incorruptible (hay cuatro elementos terrestres): la quintaesencia (literalmente, la quinta esencia) o éter. La región celestial está completamente llena de éter (no espacio vacío) y dividida, como veremos, en caparazones esféricos concéntricos que llevan los planetas. Para Aristóteles, tenía un estatus superior, cuasi divino.[13]

La región sublunar es el ámbito de la generación, la corrupción y la caducidad. Como sus predecesores, Aristóteles buscó el elemento o elementos básicos a los que pueden ser reducidas la multitud de sustancias que se hallan en la región terrestre. Aceptó los cuatro elementos originariamente propuestos por Empédocles y subsecuentemente adoptados por Platón: tierra, agua, aire y fuego. Aceptó, con Platón, que estos elementos en realidad son reducibles a algo todavía más fundamental. Pero no compartió la inclinación matemática de Platón, y por ello se negó a aceptar los sólidos regulares de Platón y sus triángulos constituyentes. En lugar de ello, expresó su propio compromiso con la realidad del mundo de la experiencia sensible eligiendo *las cualidades sensibles* como los últimos bloques de la construcción. Dos pares de cualidades son cruciales: caliente-frío y húmedo-seco. Éstas se combinan en cuatro pares, cada uno de los cuales da lugar a uno de los elementos (véase la figura 3.2.).

Nótese el uso que se hace, una vez más, de contrarios. No hay nada que prohíba que cualquiera de las cuatro cualidades sea reemplazada por su contrario (como resultado de una influencia externa). Si el agua es calentada, de modo que el frío del agua ceda al calor, el agua se transforma en aire. Un proceso de este tipo explica fácilmente los cambios de estado (de sólido a líquido, a gas y a la inversa), pero también la transmutación

12. *On the Heavens* [*Acerca del cielo*], I.4.270^{b}13-16, citado de Jonathan Barnes (comp.), *The Complete Works of Aristotle*, 1, pág. 451.

13. Lloyd, *Aristotle*, cap. 7.

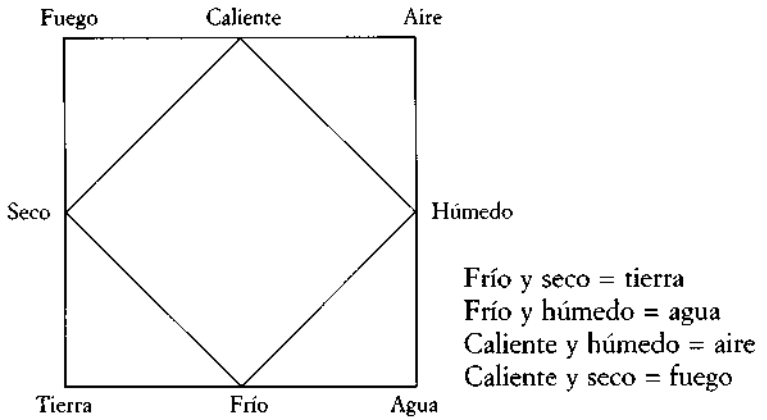


FIG. 3.2. *Cuadro de la oposición de los elementos y cualidades aristotélicos.* Para una versión medieval de este diagrama, véase John E. Murdoch, *Album of Science: Antiquity and the Middle Ages*, pág. 352.

más general de una sustancia en otra. A partir de una teoría como ésta, los alquimistas podían construir fácilmente.[14]

Las distintas sustancias que componen el cosmos lo llenan totalmente y no deja espacio vacío en absoluto. Para apreciar el punto de vista de Aristóteles, debemos dejar a un lado nuestra inclinación casi automática a pensar en términos atomísticos. Debemos concebir las cosas materiales no como agregados de pequeñas partículas, sino como todos continuos. Si es obvio, por ejemplo, que una barra de pan se compone de migas separadas por pequeños espacios, no hay razón para no suponer que dichos espacios están llenos de alguna sustancia más sutil, tal como el aire o el agua. Y ciertamente no hay un modo simple de demostrar, ni siquiera alguna razón obvia para creer, que el agua y el aire no son algo continuo. Razones similares aplicadas al universo como un todo llevaron a Aristóteles a la conclusión de que el universo esta lleno, es un *plenum* que no contiene espacio vacío.

Aristóteles defendió esta conclusión con toda una serie de argumentos, como los siguientes. Siempre debe haber una proporción entre cualesquiera dos movimientos (medida por los tiempos requeridos para atravesar un espacio dado). Si esta diferencia en el tiempo resulta de la diferencia de la densidad entre dos medios, la proporción de los tiempos será igual a la proporción de las densidades. Sin embargo, si uno de los medios

14. *Ibid.*, cap. 8. Sobre la alquimia, véase más adelante, cap. 12.

fuera un espacio vacío, su densidad (cero) no tendría proporción alguna con la densidad del otro medio, y por tanto el tiempo de uno no tendría proporción con el tiempo del otro, violando así el supuesto con el que empieza la argumentación. Hoy podemos plantear el mismo punto argumentando que si la resistencia es lo que frena la velocidad de un cuerpo móvil, entonces en ausencia de resistencia el cuerpo se movería con una velocidad infinita, una noción sin sentido. Los críticos han hecho notar frecuentemente que este argumento puede usarse tanto para probar que la ausencia de resistencia no implica una velocidad infinita como para probar que el vacío no existe. Desde luego, es una consideración correcta. Sin embargo, debemos entender que la negación del vacío de Aristóteles no descansa en este único argumento. En realidad, esto no era sino una pequeña parte de la campaña contra los atomistas, en la que Aristóteles combatió la noción de espacio vacío (o lugar vacío) con una variedad de argumentos, más o menos persuasivos.[15]

Además de ser caliente o frío y húmedo o seco, cada uno de los elementos es también pesado o ligero. La tierra y el agua son pesados, pero la tierra es el más pesado de los dos. El aire y el fuego son ligeros, siendo el fuego el más ligero de ambos. Al atribuir levedad a dos de los elementos, Aristóteles no estaba diciendo (como podríamos hacerlo nosotros, si hiciéramos la afirmación) simplemente que son menos pesados, sino que son ligeros en sentido absoluto. La levedad no es una versión debilitada de la gravedad, sino su contrario. Debido a que la tierra y el agua son pesados, está en su naturaleza descender hacia el centro del universo; debido a que el aire y el fuego son ligeros, está en su naturaleza ascender hacia la periferia (esto es, la periferia de la región terrestre, el caparazón esférico que contiene la Luna). Por eso, si no tuvieran ningún impedimento, la tierra y el agua descenderían hacia el centro. Debido a su mayor peso, la tierra se reuniría en el centro, con el agua en una capa esférica concéntrica a su alrededor. El aire y el fuego ascienden, pero el fuego, debido a su mayor levedad, ocupa la región más exterior, con el aire como una esfera concéntrica justo en su interior. En el caso ideal (en el que no hubiera cuerpos mezclados y nada impidiera que las naturalezas de los cuatro elementos se realizaran), los elementos formarían un conjunto de esferas concéntricas: el fuego en la parte exterior, seguido por el aire y el agua, y finalmente la tierra en el centro (véase la figura 3.3.). Pero en rea-

15. Para las ideas de Aristóteles sobre el vacío, Solmsen, *Aristotle's System of the Physical World*, págs. 135-143; y David Furley, *Cosmic Problems*, págs. 77-90.

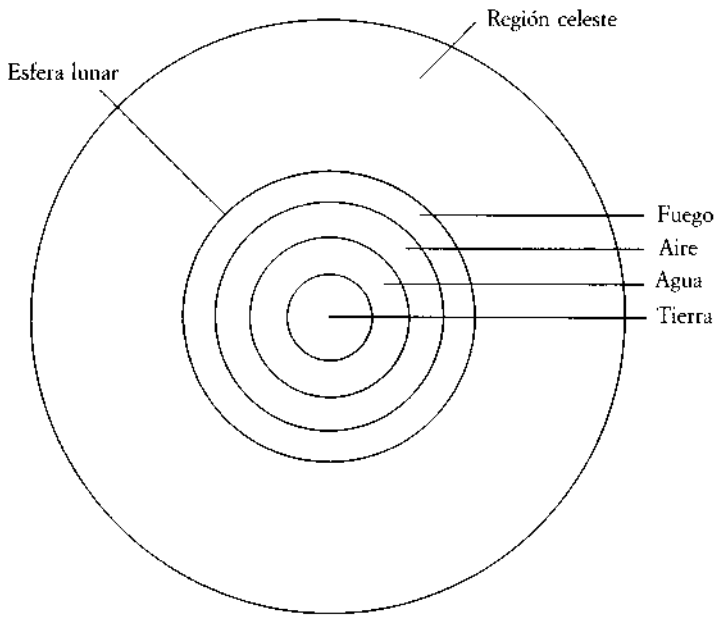


FIG. 3.3. *El cosmos aristotélico.*

lidad, el mundo está compuesto en gran parte por cuerpos mixtos, interfiriendo siempre el uno en el otro, y el ideal nunca se alcanza. Sin embargo, la disposición ideal define el lugar natural de cada uno de los elementos. El lugar natural de la tierra es el centro del universo, el del fuego justo dentro de la esfera de la Luna, etc.[16]

Debe destacarse que la disposición espacial de los elementos es esférica. La tierra se reúne en el centro para formar *la Tierra*, y también ésta es esférica. Aristóteles defiende esta creencia con distintos argumentos. Razonando desde su filosofía natural, señala que dado que la tendencia natural de la tierra es moverse hacia el centro del universo, debe disponerse simétricamente alrededor de este punto. Pero también llama la atención sobre la evidencia observacional, incluida la sombra circular proyectada por la Tierra durante un eclipse lunar, y el hecho de que el movimiento norte-sur de un observador sobre la superficie de la Tierra altera la posición aparente de las estrellas. Aristóteles incluso informa de una estimación de la circunferencia de la Tierra hecha por los matemáticos (400.000 estadios = alrededor de 73.000 kilómetros, más o menos 1,8 ve-

16. Furley, *Cosmic Problems*, caps. 12-13.

ces el valor moderno). La esfericidad de la Tierra, así defendida por Aristóteles, nunca sería olvidada o seriamente cuestionada. El extendido mito de que la gente medieval creía en una Tierra plana es de origen moderno.[17]

Finalmente, debemos hacer notar una de las implicaciones de esta cosmología, a saber, que el espacio, en lugar de ser telón de fondo (análogo a nuestra concepción moderna del espacio geométrico) neutral, homogéneo, sobre el que ocurren los acontecimientos, tiene propiedades. O para expresarlo de modo más preciso, el nuestro es un mundo de *espacio*, mientras que el de Aristóteles es un mundo de *lugar*. Los cuerpos pesados se mueven hacia su lugar natural en el centro del universo no a causa de una tendencia a unirse con otros cuerpos pesados ubicados allí, sino simplemente debido a que está en su naturaleza buscar este punto central; si por algún milagro sucediera que el centro estuviera desocupado (una imposibilidad física en un universo aristotélico, pero una situación imaginaria interesante) seguiría siendo el destino de los cuerpos pesados.[18]

Movimiento, terrestre y celeste

El mejor modo de aproximarse a la teoría del movimiento de Aristóteles es a través de sus dos principios más básicos. El primero es que el movimiento nunca es espontáneo: no hay movimiento sin un motor. El segundo es la distinción entre dos tipos de movimiento: el movimiento hacia el lugar natural del cuerpo móvil es el «movimiento natural»; el movimiento en cualquier otra dirección es el «movimiento forzado o violento».

En el caso del movimiento natural, el motor es la naturaleza del cuerpo, que es responsable de su tendencia a moverse hacia su lugar natural definido por la disposición ideal esférica de los elementos. Los cuerpos compuestos tienen una tendencia direccional que depende de la proporción de los distintos elementos de su composición. Cuando un cuerpo que tiene un movimiento natural alcanza su lugar natural, su movimiento

17. Aristóteles trata de la figura de la Tierra en *Acerca del cielo*, II.13. Véase también D. R. Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle*, págs. 196-198. Sobre el mito de que en la antigüedad y en el Medievo la gente creía en una Tierra plana, véase Jeffrey B. Russell, *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians*.

18. Waterlow, *Nature, Change, and Agency*, págs. 103-104.

cesa. El motor en el caso del movimiento forzado es una fuerza externa, que obliga al cuerpo a violar su tendencia natural y moverse en alguna dirección que no es hacia su lugar natural. Tal movimiento cesa cuando la fuerza externa es retirada.[19]

Hasta aquí, esto parece sensato. Sin embargo, una dificultad obvia consiste en explicar por qué un proyectil lanzado horizontalmente, y por tanto que tiene un movimiento forzado, no se detiene inmediatamente cuando pierde contacto con lo que lo ha impulsado. La respuesta de Aristóteles fue que el medio actúa como motor. Cuando proyectamos un objeto también actuamos sobre el medio circundante (el aire, por ejemplo) impartiéndole el poder de mover objetos. Este poder se comunica de una parte a otra, de tal modo que el proyectil está siempre en contacto con una porción de medio capaz de mantenerlo en movimiento. Si esto no parece plausible considérese cuánto más inverosímil (desde la perspectiva de Aristóteles) es la alternativa: que un proyectil, que por naturaleza tiene inclinación a moverse hacia el centro del universo, se mueva horizontalmente o hacia arriba a pesar del hecho de que ya no hay nada que siga causando el que lo haga así.

La fuerza no es el único determinante del movimiento. En todos los casos reales de movimiento en el ámbito terrestre, también habrá una resistencia o fuerza oponente. Y para Aristóteles resulta claro que la rapidez del movimiento debe depender de estos dos factores determinantes, la fuerza motiva y la resistencia. La pregunta que se plantea es: ¿cuál es la relación entre la fuerza, la resistencia y la velocidad o rapidez? Aunque posiblemente a Aristóteles no se le ocurrió que debía haber una ley cuantitativa de aplicabilidad universal, la cuestión no dejó de interesarle e hizo varias incursiones en el territorio cuantitativo. Refiriéndose al movimiento natural, en su *Acerca del cielo* y de nuevo en la *Física*, Aristóteles afirmó que cuando dos cuerpos de diferente peso descienden, los tiempos requeridos para cubrir una distancia dada serán inversamente proporcionales a los pesos (un cuerpo que pese el doble que otro necesitará la mitad de tiempo). En el mismo capítulo de la *Física*, Aristóteles introduce la resistencia en el análisis del movimiento natural, argumentando que si cuerpos de igual peso se mueven a través de medios de diferentes densidades, los tiempos requeridos para atravesar una distancia dada son pro-

19. Para un cuidadoso análisis de los puntos delicados, véase James A. Weisheipl, «The Principle *Omne quod movetur ab alio movetur* in Medieval Physics». Reimpreso en Weisheipl, *Nature and Motion in the Middle Ages*, págs. 75-97.

porcionales a las densidades de los respectivos medios: es decir, cuanto mayor es la resistencia más lentamente se mueve el cuerpo. Finalmente, Aristóteles también trató del movimiento forzado en su *Física*, afirmando que si una fuerza dada mueve un determinado peso (contra su naturaleza) una distancia dada en un tiempo dado, la misma fuerza moverá la mitad del peso el doble de distancia en el mismo tiempo (o la misma distancia en la mitad del tiempo): alternativamente, la mitad de la fuerza moverá la mitad del peso la misma distancia en el mismo tiempo.[20]

A partir de estas afirmaciones, algunos sucesores de Aristóteles hicieron un decidido esfuerzo para extraer una ley general. Esta ley normalmente se formula así:

$$V \propto F/R$$

Es decir, la velocidad (V) es proporcional a la fuerza motiva (F) e inversamente proporcional a la resistencia (R). Para el caso especial del descenso natural de un cuerpo pesado, la fuerza motiva es el peso (P) del cuerpo: la relación entonces pasa a ser:

$$V \propto P/R$$

Probablemente, en la mayoría de los casos de movimiento, estas relaciones no hacen gran violencia a la idea de Aristóteles. Sin embargo, dándoles forma matemática, como hemos hecho, se sugiere que valen para todos los valores de V, F y R, una afirmación que Aristóteles ciertamente habría rechazado. Él afirmó explícitamente, por ejemplo, que una resistencia igual a la fuerza motiva impediría el movimiento totalmente, mientras que la fórmula presentada más arriba no da este resultado. Además, la aparición de la velocidad en estas relaciones falsea seriamente el marco conceptual de Aristóteles, que no contiene el concepto de velocidad como una medida del movimiento cuantificable, sino que describe el movimiento sólo en términos de distancias y tiempos. La velocidad como un término técnico científico al que pueden asignarse valores numéricos fue una contribución de la Edad Media.

20. Sobre el movimiento natural, véase Aristóteles, *Acerca del cielo*, I.6, y *Física*, IV. 8. Sobre el movimiento forzado, véase *Física*, VIII. 5. Para el comentario, véanse Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, págs. 421-433; y Clagett, *Greek Science in Antiquity*, págs. 64-68.

Aristóteles ha sido severamente criticado por su teoría del movimiento, dando por sentado que cualquier persona sensata se habría dado cuenta de que era fatalmente defectuosa. ¿Está justificada esta crítica? En primer lugar, pocos historiadores consideran que su tarea principal sea asignar méritos o hacer censuras. Comprender el pasado parece una meta mucho más útil. Segundo, algunas críticas se aplican únicamente a la teoría impuesta a Aristóteles por sus seguidores y críticos, no a la propiamente suya. Tercero, la teoría en su versión genuinamente aristotélica tiene mucho sentido. Por ejemplo, varias encuestas han mostrado que, en la actualidad, la mayoría de las personas con educación universitaria están dispuestas a aceptar muchos de los elementos básicos de la teoría del movimiento de Aristóteles. El nivel relativamente modesto del contenido cuantitativo de la teoría de Aristóteles es fácilmente explicable como resultado del conjunto de su filosofía de la naturaleza. Su meta principal era entender las naturalezas esenciales, no explorar las relaciones cuantitativas entre factores incidentales como las coordenadas espacio-temporales (o lugar-temporales) aplicables a un cuerpo en movimiento. Incluso una investigación exhaustiva de estas últimas no nos proporciona información útil acerca de las naturalezas esenciales. (Una de las características importantes de la mecánica moderna es precisamente su determinación de tratar a todos los cuerpos de modo idéntico, negándose a aceptar diferencias en la naturaleza esencial. No importa de qué estén hechos los cuerpos, se aplican las mismas leyes y se producen los mismos comportamientos.) Si queremos, podemos criticar a Aristóteles por no estar interesado en todo lo que nos interesa a nosotros, pero así no aprenderemos nada significativo acerca de Aristóteles.

El movimiento en la esfera celeste es un tipo de fenómeno totalmente diferente. Los cielos están compuestos de la quintaesencia, una sustancia incorruptible, que no posee contrarios y por tanto es incapaz de cambio cualitativo. Puede parecer apropiado para una región así el ser absolutamente inmóvil, pero esta hipótesis se ve derrotada incluso por la observación de los cielos más fortuita. Por ello, Aristóteles asigna a los cielos el más perfecto de los movimientos: el movimiento circular uniforme continuo. Además de ser el más perfecto de los movimientos, el movimiento circular uniforme parece tener la capacidad de explicar los ciclos celestes observados.

En tiempos de Aristóteles, estos ciclos habían sido objeto de estudio durante siglos. Se daba por sentado que las estrellas «fijas» se mueven con perfecta uniformidad, como si estuvieran fijadas en una esfera que

rota uniformemente, con un periodo de rotación de aproximadamente un día. Pero había siete estrellas, las estrellas errantes o planetas, que mostraban un movimiento más intrincado. Eran el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. El Sol se mueve lentamente (alrededor de 1°/día), de oeste a este, con pequeñas variaciones en la velocidad, a través de la esfera de las estrellas fijas a lo largo de una trayectoria llamada eclíptica, que pasa a través del centro del zodíaco (véase la figura 2.6.). La Luna sigue aproximadamente el mismo curso, pero más rápidamente (alrededor de 12°/día). Los demás planetas también se mueven a lo largo de la eclíptica, con velocidad variable y con un cambio ocasional de dirección.

¿Esos complejos movimientos son compatibles con el requerimiento del movimiento circular uniforme en los cielos? Eudoxo, una generación anterior a Aristóteles, ya había mostrado que lo son. Volveré a este tema en el capítulo 5. Por el momento, será suficiente señalar que Eudoxo trataba el complejo movimiento de cada planeta como un compuesto de una serie de movimientos circulares uniformes simples. Lo hizo asumiendo para cada planeta una serie de esferas concéntricas, y a cada una de las esferas un componente del movimiento planetario complejo. Aristóteles hizo suyo este esquema, con una serie de modificaciones. Cuando hubo terminado, había producido una intrincada maquinaria celestial, que tenía cincuenta y cinco esferas planetarias más la esfera de las estrellas fijas.

¿Cuál es la causa del movimiento en los cielos? La filosofía natural de Aristóteles no permite que tal pregunta quede sin plantear. Desde luego, las esferas celestes están compuestas de la quintaesencia. Su movimiento, siendo eterno, debe ser natural, no forzado. La causa de este movimiento eterno debe ser ella misma inmóvil, pues si no postulamos un motor inmóvil, rápidamente nos veremos atrapados en un regreso al infinito: un motor móvil debe haber adquirido su movimiento de otro motor móvil, y así sucesivamente. Aristóteles identificó el motor inmóvil para las esferas planetarias con el «primer motor», una deidad viviente que representa el mayor bien, totalmente actualizada, totalmente absorbida en la autocontemplación, no espacial, separada de las esferas que mueve, y en absoluto parecida a los dioses tradicionales griegos antropomórficos. ¿Cómo puede, pues, el primer motor o motor inmóvil causar el movimiento en los cielos? No como causa eficiente, pues esto requeriría contacto entre el motor y lo movido, sino como causa final. Es decir, el primer motor es objeto de deseo para las esferas celestiales, que se esfuerzan por imitar su perfección inmutable adoptando movimientos circulares, uniformes, eter-

nos. Ahora bien, cualquier lector que haya seguido la mayor parte de esta exposición de Aristóteles tendría razones para suponer que hay un único motor inmóvil para todo el cosmos. Por eso llega la sorpresa cuando Aristóteles anuncia que, de hecho, cada una de las esferas celestes tiene su propio motor inmóvil, el objeto de su amor y causa final de su movimiento.[21]

Aristóteles como biólogo

No hay modo de determinar cuándo o cómo llegó Aristóteles a interesarse por las ciencias biológicas. Ciertamente, el que su padre fuera médico es un hecho que debemos tener en cuenta. No hay duda de que Aristóteles fue cultivando sus estudios biológicos a lo largo de un extenso periodo, pero los años pasados en la isla de Lesbos (frente a la costa de Asia Menor) le ofrecieron una oportunidad excepcional para la observación de la vida marina. En la recolección de datos probablemente era ayudado por sus estudiantes, y ciertamente contó con informes de otros observadores, incluyendo médicos, pescadores y granjeros. El producto de su esfuerzo en la investigación fue una serie de grandes tratados zoológicos y de obras breves sobre la fisiología y psicología humanas que ocupan más de 400 páginas en la traducción moderna. Estas obras sentaron los fundamentos de la zoología sistemática y determinaron profundamente el pensamiento sobre biología humana a lo largo de unos dos mil años.[22]

En tiempos de Aristóteles, la fisiología y anatomía humanas habían atraído la atención desde hacía tiempo por sus implicaciones médicas y, presumiblemente, no requerían más justificación, pero Aristóteles se sintió obligado a defender la investigación zoológica. En *Partes de los animales* admitió que los animales eran innobles por comparación con los

21. Lloyd, *Aristotle*, págs. 139-158.

22. Ha habido una reciente reactivación del interés por la biología de Aristóteles. Véanse especialmente Lloyd, *Aristotle*, cap. 4; Lloyd, *Early Greek Science*, págs. 115-124; Anthony Preus, *Science and Philosophy in Aristotle's Biological Works*; Martha Craven Nussbaum, *Aristotle's «De motu animalium»*; Pierre Pellegrin, *Aristotle's Classification on Animals*; y Allan Gothelf y James G. Lenox (comp.), *Philosophical Issues in Aristotle's Biology*. Fuentes más antiguas todavía útiles son W. D. Ross, *Aristotle, A Complete Exposition of His Works and Thought*, 5ª ed., cap. 4; y Thomas E. Lones, *Aristotle's Researches in Natural Science*.

cielos y aceptó que los estudios zoológicos resultaban desagradables para mucha gente. Sin embargo, consideró que esa repugnancia era infantil, y argumentó que en los estudios zoológicos la cantidad y la riqueza de los datos disponibles compensaba la vileza del objeto de estudio. Afirmó además que los estudios zoológicos contribuyen al conocimiento del ámbito humano debido a la gran semejanza entre la naturaleza animal y la humana. Destacó el placer del descubrimiento de las causas en el ámbito zoológico. Y señaló que el orden y la finalidad están presentes con particular claridad en el reino animal, proporcionándonos una oportunidad de oro para refutar la noción de que las «obras de la naturaleza» son producto únicamente del azar.[23]

Aristóteles vio que la biología tenía un lado descriptivo y otro explicativo. Consideró como meta última la explicación de los fenómenos biológicos, pero aceptó que la recolección de datos biológicos era una tarea de primer orden. Su *Investigación sobre los animales*, que pretendía satisfacer esta necesidad inicial, es un inmenso depósito de información biológica. Aristóteles empezó con el cuerpo humano, como un estándar de comparación con el que se podía entender a otros animales. Subdividió el cuerpo humano en cabeza, cuello, tórax, brazos y piernas, y procedió a la investigación de las características internas y externas, incluyendo el cerebro, sistema digestivo, órganos sexuales, pulmones, corazón y vasos sanguíneos.

Sin embargo, Aristóteles no hizo su gran contribución en el área de la anatomía humana, sino en la zoología descriptiva. En su *Investigación sobre los animales*, se mencionan más de 500 especies de animales; la estructura y conducta de muchos de ellos se describe con considerable detalle, a menudo sobre la base de una hábil disección. Aunque dedicó considerable atención a los problemas teóricos de la clasificación, en la práctica Aristóteles adoptó agrupamientos «naturales» o populares basados en múltiples atributos. Dividió a los animales en dos grandes categorías: «sanguíneos» (es decir, con sangre roja) y «no sanguíneos». Subdividió la primera categoría en cuadrúpedos vivíparos (mamíferos de cuatro patas que dan a luz a las crías vivas), ovíparos (o que ponen huevos) cuadrúpedos, mamíferos marinos, aves y peces. A estos últimos los dividió en moluscos (tales como el pulpo y la sepia), crustáceos (incluidos los cangrejos y las cigalas), testáceos (incluidos el caracol y la ostra) y los insectos. Estas

23. Aristóteles, *Partes de los animales*, I.5. Véase también Lloyd, *Aristotle*, págs. 69-73.

grandes categorías de Aristóteles se organizan jerárquicamente en una escala del ser según el grado de calor vital.[24]

Aunque recorrió todo el reino animal, es indudable que Aristóteles se encontró más a gusto cuando llegó a la vida marina, de la que exhibió un íntimo conocimiento de primera mano. Por ejemplo, se ha destacado a menudo que describió la placenta de los cazones (*Mustelus laevis*) en términos que no fueron confirmados hasta el siglo XIX. Pero Aristóteles también demostró una impresionante pericia en otras partes del reino animal. Su descripción de la incubación de los huevos de ave es un ejemplo excelente de observación meticulosa:

> La generación a partir de los huevos tiene lugar de idéntica manera en todas las aves, pero los periodos desde la concepción al nacimiento difieren [...] en el caso de la gallina común después de tres días y tres noches surge la primera señal del embrión [...] Mientras tanto aparece la yema, subiendo hacia el extremo puntiagudo, donde se ubica el elemento primordial del huevo, y donde se rompe el cascarón; y el corazón aparece como una mota de sangre, en la clara del huevo. Este punto palpita y se mueve como si estuviera dotado de vida, y a partir de él [...] dos conductos venosos con sangre en ellos se extienden enroscándose [...]; y una membrana de fibras sanguíneas rodea ahora la clara, partiendo desde los conductos venosos. Poco después, el cuerpo ya se ha diferenciado, al principio muy pequeño y blanco. La cabeza se distingue claramente, y en ella los ojos son muy prominentes.[25]

La historia natural, que enumera y describe la población del universo, es sin duda una ocupación atractiva y algunos pueden considerarla un fin en sí misma. Pero para Aristóteles era un medio para un fin más alto: la fuente de datos fácticos que llevaría a la comprensión de la fisiología y a las explicaciones causales. Y para él, el verdadero conocimiento era siempre conocimiento causal.

Aristóteles aplicó a la comprensión de la fisiología los mismos principios que funcionaban en otros ámbitos de su filosofía natural. (Si primero fueron desarrollados en el ámbito de la biología y después fueron aplicados a la metafísica, a la física y a la cosmología, o viceversa, es una

24. Lloyd, *Aristotle*, págs. 76-81, 86-90; Lloyd, *Early Greek Science*, págs. 116-118; Pellegrin, *Aristotle's Classification of Animals*.

25. *Investigación sobre los animales*, VI.3.561ª 3-19, en Barnes (comp.), *Complete Works*, I, pág. 883.

cuestión discutida entre los especialistas.)[26] Así, forma y materia, acto y potencia, las cuatro causas, y especialmente el elemento del propósito o función asociado con la causa final son centrales en su biología. Los ingredientes de una explicación biológica adecuada están bien resumidos en *Reproducción de los animales* de Aristóteles. «Todo lo que nace o es hecho debe [1] surgir de algo, [2] ser hecho por medio de algo, y [3] debe llegar a ser algo.»[27] Aquello a partir de lo cual se hace el organismo es, desde luego, su causa material. El agente por medio del cual es hecho es su causa formal o eficiente (que en la biología de Aristóteles a menudo se funden). Y aquello en lo que se convierte, la meta de su desarrollo, es su causa final.

Por tanto, todo organismo esta constituido por materia y forma: la materia consiste en los varios órganos que forman el cuerpo; la forma es el principio organizador que moldea estos órganos en un todo orgánico unificado. Aristóteles identificó la forma con el alma y le asignó la responsabilidad de las características vitales de los seres vivos: la nutrición, el crecimiento, la sensación, el movimiento, etc. Efectivamente, Aristóteles organizó los seres vivos en una jerarquía sobre la base de su participación en varias clases de alma, cada una de las cuales lleva a cabo ciertas funciones. Las plantas poseen un alma nutritiva que las capacita para obtener alimento, crecer y reproducirse. Los animales poseen, además, un alma sensible, que explica la sensación e (indirectamente) el movimiento. Finalmente, los humanos añadimos a éstas un alma racional, que proporciona las capacidades más elevadas de la razón. Si como sostiene Aristóteles, el alma no es más que la forma del organismo, entonces está claro que esta alma (incluida el alma humana) no es inmortal; al morir el organismo se desintegra, y su forma se diluye en la nada.[28]

¿Cómo se transmite el alma, la forma de los organismos vivos, de los padres a la descendencia? Esto nos lleva a una de las cuestiones centrales de la psicología de Aristóteles, el problema de la generación orgánica. En primer lugar, Aristóteles afirmó que la existencia de dos géneros —macho y hembra— refleja la distinción entre la causa formal o eficiente (aquí fundidas) y la materia sobre la que trabaja dicha causa. En los humanos y

26. Lloyd, *Aristotle*, págs. 90-93; D. M. Balme, «The Place of Biology in Aristotle's Philosophy».

27. Aristóteles, *Reproducción de los animales*, II.1.733^{b}25-27, en Barnes (comp.), *Complete Works*, 1, pág. 1.138.

28. Sobre la doctrina aristotélica del alma y sus facultades, véanse Lloyd, *Aristotle*, cap. 9; Ross, *Aristotle*, cap. 5; y Ackrill, *Aristotle*, págs. 68-78.

los animales superiores la hembra proporciona la materia como sangre menstrual. El semen del macho aporta la forma y la imprime en la sangre menstrual para producir un nuevo organismo. Las crías de los animales superiores, que tienen una gran medida de calor vital, nacen a la vida como miembros de la especie totalmente desarrollados. En los animales algo deficientes en calor vital, la progenie son huevos incubados internamente. A medida que descendemos en la escala de perfección, llegamos a animales que producen huevos incubados externamente, siendo los huevos más o menos perfectos dependiendo del grado exacto de calor. Al final de la escala, los animales sin sangre producen un gusano o una larva:

> Debemos observar cuán correctamente la naturaleza ordena la generación en una gradación regular. [...] Los animales más perfectos y calientes producen sus crías perfectas respecto a la cualidad [...], y éstos generan animales vivos dentro de sí mismos desde el principio. La segunda clase no genera animales vivos dentro de sí mismos desde el principio (pues sólo son vivíparos después de que primero han puesto huevos). [...] La tercera clase no produce un animal perfecto, sino un huevo, y este huevo es perfecto. Aquellos cuya naturaleza es todavía más fría producen un huevo, pero imperfecto, que se perfecciona fuera del cuerpo. [...] La quinta clase, la más fría, ni siquiera deposita un huevo a partir de sí mismo, sino que en la medida en que las crías alcanzan esta condición, es fuera del cuerpo de los padres. [...] Pues los insectos producen una larva primero; la larva después de desarrollarse se convierte en algo parecido a un huevo. [...][29]

La idea de perfección, tan importante en la teoría de la generación de Aristóteles, nos lleva al tercer y último elemento de la explicación biológica, la causa final o, como señala Aristóteles en un pasaje citado más arriba, aquello que un organismo biológico está en vías de llegar a ser. El biólogo, en la visión de Aristóteles, siempre necesita conocer la forma completa, madura, o naturaleza de un organismo. Sólo tal conocimiento le capacita para entender la estructura del organismo y la existencia e interrelaciones de sus partes. Por ejemplo, Aristóteles explicaba la existencia de pulmones en los animales terrestres por referencia a las necesidades del organismo como un todo. Los animales sanguíneos necesitan un

29. Aristóteles, *Reproducción de los animales*, II.1.733^{a}34-733^{b}14, en Barnes (comp.), *Complete Works*, I, pág. 1138. Sobre la reproducción biológica, véase también Ross, *Aristotle*, págs. 117-122; Preus, *Science and Philosophy in Aristotle's Biological Works*, págs. 48-107.

agente refrigerador externo debido a su calor. En los peces, este agente es el agua, y consecuentemente los peces tienen agallas en lugar de pulmones. Sin embargo, los animales que respiran son enfriados por el aire y consecuentemente están equipados con pulmones.[30] El conocimiento de la forma madura es también parte de la explicación del desarrollo del organismo, pues en el mundo orgánico hay un movimiento ascendente, puesto que los organismos se esfuerzan para actualizar las potencias que existen dentro de ellos. No podemos entender los cambios que se producen dentro de una bellota, por ejemplo, si no entendemos que el roble es su destino final. Por último, el propósito y la función entran en la biología de Aristóteles no meramente como una explicación de la forma o del desarrollo del individuo o de la especie, sino a un nivel universal o cósmico, para explicar la interdependencia e interrelaciones de las especies en el orden de la naturaleza.

Naturalmente, en el sistema biológico de Aristóteles hay mucho más. Explicó la nutrición, el crecimiento, la locomoción y la sensación. Consideró las funciones de los principales órganos, incluyendo el cerebro, el corazón, los pulmones, el hígado y los órganos reproductores. Es importante destacar que hizo del corazón el órgano central del cuerpo, el asiento de la sensación y de la emoción así como del calor vital. Desarrolló la noción de la jerarquía en el ámbito biológico: creía que la forma es superior a la materia, lo vivo a lo no vivo, el macho a la hembra, lo sanguíneo a lo no sanguíneo, lo maduro a lo inmaduro. Efectivamente, organizó los seres vivos en una única escala jerárquica del ser, empezando con el primer motor en lo alto y descendiendo a través de la raza humana hasta los vivíparos, ovíparos y animales vermíparos, y finalmente a las plantas.

Concluyamos esta sección con un breve análisis del método de Aristóteles en los trabajos biológicos. Si hay una rama del trabajo científico que requiere observación, sin duda es la biología (y especialmente la historia natural). Es inconcebible que Aristóteles hubiera intentado describir la estructura y los hábitos de los animales sobre alguna otra base. La observación en cuestión frecuentemente era suya propia, y en sus trabajos encontramos abundantes evidencias de su método empírico, incluida la disección. Sin embargo, ningún naturalista trabajando solo podría reunir la cantidad de datos contenidos en las obras biológicas de Aristóteles,

30. Aristóteles, *Partes de los animales*, III.6.668^{b}33-669^{a}7. Sobre la teleología en la biología de Aristóteles, veáse también Ross, *Aristotle*, págs. 122-127; Nussbaum, *Aristotle's «De motu animalium»*, págs. 59-106.

y es obvio que dependió de informes de viajeros, granjeros y pescadores, la ayuda de asistentes y los escritos de sus predecesores. En general, Aristóteles era crítico con sus fuentes, y mostró un sano escepticismo incluso acerca de sus propias observaciones. Sin embargo, no siempre fue suficientemente escéptico y, en sus obras biológicas, hay muchos ejemplos de error descriptivo. Cuando pasaba a la teoría biológica, Aristóteles (como cualquier teórico) estaba obligado a hacer inferencias a partir de los datos de observación. Si bien sus inferencias no fueron siempre las que nosotros habríamos hecho, no obstante ponen de manifiesto la penetración de uno de los más brillantes biólogos que haya existido. Naturalmente, también ponen de manifiesto la poderosa influencia de su sistema filosófico en su conjunto, que continuamente estuvo presente en las preguntas que planteaba, en los detalles que notaba y en la interpretación teórica que les atribuía.[31]

El logro de Aristóteles

El baremo adecuado para un sistema filosófico no es la medida en que anticipa el pensamiento moderno, sino su medida de éxito al tratar los problemas filosóficos de su propio tiempo. Si hay que hacer una comparación, debe ser entre Aristóteles y sus predecesores, no entre Aristóteles y el presente. Juzgado con tales criterios, la filosofía de Aristóteles es un logro asombroso. En filosofía natural, proporcionó un tratamiento sutil y sofisticado de los principales problemas planteados por los presocráticos y por Platón: la naturaleza del material fundamental, los medios adecuados de conocerlo, los problemas del cambio y la causalidad, la estructura básica del cosmos, y la naturaleza de la deidad y su relación con las cosas materiales.

Pero Aristóteles también fue más allá que cualquier predecesor en el análisis de fenómenos naturales específicos. No es exagerado afirmar que, casi sin ayuda, creó disciplinas enteramente nuevas. Su *Física* contiene un detallado estudio de la dinámica terrestre. Dedicó la mejor parte de su *Meteorológicos* a los fenómenos de la atmósfera superior, incluidos los cometas, las estrellas fugaces, la lluvia, el arco iris, el trueno y el rayo. Su

31. Sobre el método en la biología de Aristóteles, véanse Lloyd, *Aristotle*, págs. 76-81; Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, págs. 211-220; y Hussbaum, *Aristotle's «De motu animalium»*, págs. 107-142.

Acerca del cielo desarrolló el trabajo de ciertos predecesores en una influyente explicación de la astronomía planetaria. Se ocupó de los fenómenos geológicos, incluidos los terremotos y la mineralogía. Emprendió un minucioso análisis de la sensación y de los órganos de los sentidos, particularmente de la visión y el ojo, desarrollando una teoría de la luz y la visión cuya influencia llegaría hasta el siglo XVII. Se interesó por lo que nosotros podríamos considerar los procesos químicos básicos: mezclas y combinaciones de sustancias. Escribió un libro sobre el alma y sus facultades. Y, como hemos visto, su contribución al desarrollo de las ciencias biológicas es monumental.

Consideraremos la influencia de Aristóteles en los capítulos siguientes. Concluyamos aquí afirmando simplemente que su poderosa influencia en la antigüedad tardía y su supremacía desde el siglo XIII hasta el Renacimiento no fueron el resultado del servilismo por parte de los estudiosos durante aquellos periodos, o de la interferencia por parte de la Iglesia, sino del abrumador poder explicativo de su sistema filosófico y científico. Aristóteles prevaleció mediante la persuasión, no debido a la coerción.

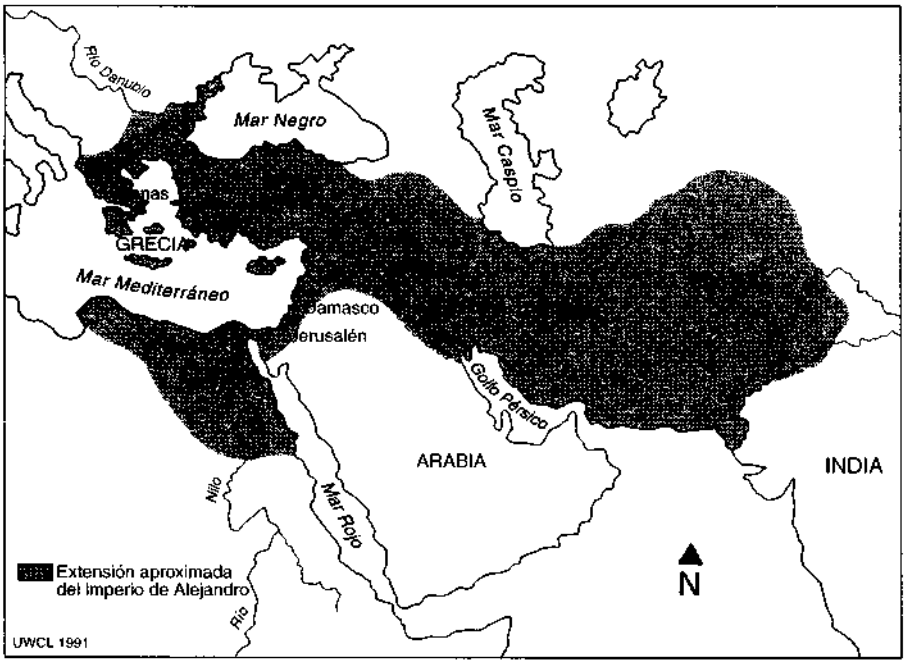
Capítulo 4

La filosofía natural helenística

La muerte de Aristóteles en el 322 a.C. coincidió aproximadamente con el final de las campañas militares de Alejandro Magno (334-323 a.C.), que consolidaron un extenso imperio griego y anunciaron el final de las ciudades-Estado griegas autónomas. Alejandro ensanchó espectacularmente el territorio griego, llevando la lengua y la cultura griegas hacia el este, hasta Bactria (ahora parte de Afganistán) y el río Indo, y hacia el sur, hasta Egipto (véase el mapa 2). Sin embargo, Alejandro y sus sucesores también adoptaron algunas cosas de los pueblos conquistados, creando una síntesis de elementos griegos y extranjeros designada con el adjetivo «helenístico», que significa «helenizante». Aunque los elementos griegos fueron abrumadoramente dominantes, los historiadores que acuñaron este término gustaban de distinguir el periodo helenístico de los que ellos consideraban como la cultura griega sin adulterar de los antiguos tiempos «helénicos». Así pues, la expresión «filosofía natural helenística» denota el pensamiento sobre la naturaleza de los eruditos y gente educada en todo este imperio griego. En un principio, el centro de gravedad siguió estando en los territorios griegos tradicionales. Con el tiempo el liderazgo se desplazó hacia el sur, a Alejandría, en Egipto, y hacia el oeste, a Roma.

Escuelas y educación

Antes de examinar el contenido de la filosofía natural helenística, necesitamos estudiar sus bases sociales, el mecanismo social e institucional mediante el cual fueron transmitidos el saber en general y la filosofía na-



MAPA 2. *El imperio de Alejandro Magno.*

tural en particular. Desde luego, el conocimiento puede transmitirse individualmente, de padres a hijos, de un amigo a otro, o de maestro a aprendiz. Pero a medida que este conocimiento crece en complejidad y en sofisticación, la urgencia de un sistema educativo colectivo, más formalizado, probablemente irá creciendo. ¿Ocurrió así en la Grecia antigua? Si es así, ¿cuál fue la naturaleza del sistema educativo que resultó?[1]

En ninguna sociedad antigua se exigía una educación formal, pero varios años de enseñanza en el nivel elemental se convirtieron en un ideal entre la primitiva aristocracia griega. Debido a que esta educación estaba dirigida a los niños preadolescentes (*paidēs*) fue denominada *paideia*. Tradicionalmente, la *paideia* constaba de dos partes: *gymnastikē* para el cuerpo y *mousikē* para la mente o espíritu. La *gymnastikē* incluía cultura física y atletismo. La *mousikē* comprendía todas las artes protegidas por las musas, especialmente la música y la poesía. Sin embargo, las necesidades

1. La fuente clásica sobre la educación antigua, que hay que usar con precaución, es H. I. Marrou, *A History of Education in Antiquity*. Más fiable es John Patrick Lynch, *Aristotle's School*. Véase también Robin Barrow, *Greek and Roman Education*.

sociales eventualmente rebasaban este sistema bipartito, y a comienzos del siglo v a.C. también había escuelas para leer y escribir.

Lo más frecuente era que la enseñanza de la *gymnastikē* tuviera lugar en un campo de deportes o en la escuela de lucha, o posiblemente en un gimnasio público. La *mousikē* y la educación literaria podían llevarse a cabo casi en cualquier parte, incluidos un edificio público o la casa del maestro. Debe entenderse que no se parecía en nada a la educación de masas moderna, obligatoria. Los profesores iniciaban la actividad educativa privadamente, por propia iniciativa. Y la aristocracia aprovechaba los servicios de los maestros según las necesidades e inclinación individuales.

Un cambio importante en este esquema educativo se produjo en el siglo v a.C. con la llegada de los sofistas. Hasta este momento, la educación había sido estrictamente elemental, en gran parte atlética y artística en su orientación. Hacia la mitad del siglo v, maestros itinerantes, conocidos como sofistas, hicieron su aparición en Atenas, ofreciendo algo nuevo. Primero, ofrecían educación a un nivel más avanzado. Segundo, su objetivo era la formación de ciudadanos y hombres de Estado, y esto exigía un desplazamiento en el contenido de la educación hacia materias intelectuales, y especialmente políticas. Los sofistas ofrecían lo que nosotros consideraríamos seminarios, sin un currículum fijo o un esquema universal, y ciertamente sin un sistema filosófico compartido, de una duración negociada por las partes interesadas. (Los historiadores a menudo sugieren una cifra de tres o cuatro años, pero recientemente se ha sostenido que, en algunos casos, la duración de la enseñanza puede haber sido «tan breve como una semana o una hora».)[2] Para conseguir trabajo, los sofistas necesitaban estar visibles, y esto les llevó a convertir en costumbre el enseñar en un lugar público, tal como el ágora (mercado público) o un gran gimnasio público (de los que Atenas en aquellos momentos tenía tres). Cuando el trabajo disminuía o el maestro ya no conseguía aceptación, se marchaba.

En este marco podemos empezar a entender la enseñanza de Sócrates y de Platón. Ambos se diferencian indudablemente de los sofistas en varios aspectos —no eran itinerantes, sino que permanecían en Atenas, y no seguían los métodos sofísticos de enseñanza—, pero estas diferencias probablemente no eran captadas por los atenienses contemporáneos, que debieron ver a ambos como típicos representantes del movimiento sofista.

2. Lynch, *Aristotle's School,* págs. 65-66; sobre la enseñanza sofística en general, véanse págs. 38-54.

Cuando Platón volvió a Atenas en el 388, después de sus viajes a Italia, fundó una escuela en la Academia, un gimnasio público monumental justo en el exterior de las murallas de la ciudad, que había sido muy usado con propósitos educativos. Si había algo poco usual en esta aventura era que la escuela de Platón se convirtió en permanente, de modo que duró hasta mucho después de su muerte.[3]

La escuela de Platón era una comunidad filosófica que constaba de estudiosos que habían alcanzado distintos niveles de madurez o diferentes logros y que interactuaban como iguales. Sin duda Platón era la fuerza dominante, inspirando a sus colegas con el ejemplo y ayudando a los estudiosos menos avanzados con su capacidad crítica. Pero no estaba por encima de la crítica, y (como el profesor en un seminario moderno de graduados) podía aprender tanto como enseñar.[4] Indudablemente, esta actividad tenía trasfondo religioso. La Academia estaba dedicada al servicio de las musas, y puede que en ella hubiera lo que nosotros consideraríamos ceremonias religiosas. Sin embargo, es seguro que no se exigía una ortodoxia doctrinal, y la escuela (al menos al principio) estaba abierta a estudiantes de cualquier creencia. No se cobraba matrícula, y un estudioso podía participar en las actividades de la Academia hasta que se cansara de ellas o hasta que sus medios de subsistencia se acababan. En algún momento, Platón compró un solar cerca de la Academia, que pudo usarse para alguna de sus actividades. La posesión de la propiedad privada, junto con la provisión de Platón para la selección de un sucesor, indudablemente contribuyó a la longevidad de la escuela.

Aristóteles fue miembro de la escuela de Platón durante veinte años, hasta la muerte de Platón en el 348 o 347. Cuando volvió a Atenas en el 335, siguiendo la imposición del gobierno macedonio, no continuó como miembro de la Academia, como habría podido hacer perfectamente, sino que fundó una escuela rival en otro gimnasio ateniense, el Liceo. Éste, como la Academia, había sido durante mucho tiempo sede de actividades educativas. Aristóteles y sus seguidores adquirieron la costumbre de reunirse en un paseo (*peripatos*) bordeado por columnas en el Liceo y de ahí adquirieron (o asumieron) la denominación de «peripatéticos», por la que se les ha conocido desde entonces. El Liceo de Aristóteles y la Aca-

3. Sobre la Academia de Platón, véanse Lynch, *Aristotle's School*, págs. 54-63; y Harold Cherniss, *The Riddle of the Early Academy*.

4. Cherniss, *The Riddle of the Early Academy*, pág. 65.

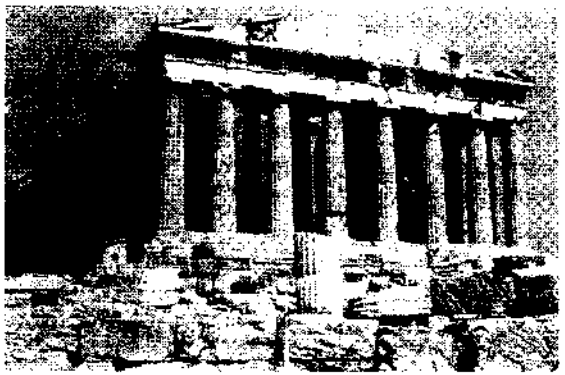
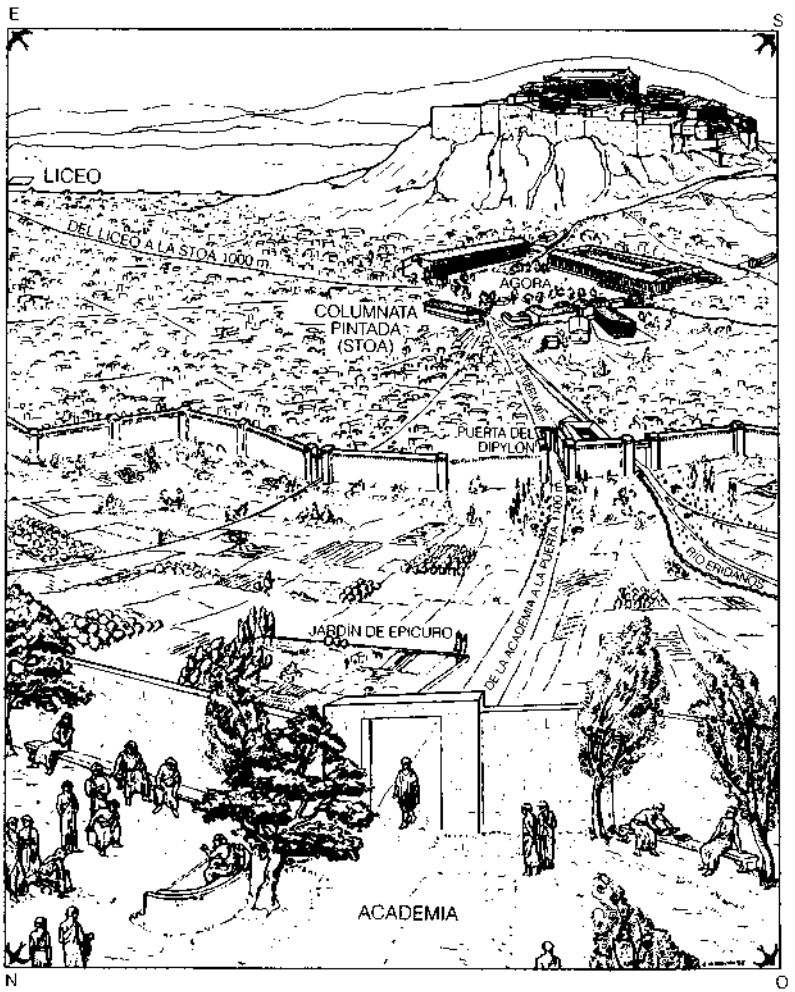


FIG. 4.1. *El Partenón (un templo de Atenea) sobre la Acrópolis, Atenas.* Construido en el siglo v.

FIG. 4.2. *Las escuelas de la Atenas helenística* © Candace H. Smith. Publicado por primera vez en A. A. Long y D. N. Sedley, *The Helenistic Philosophers*, vol. 1.



demia de Platón se parecían en muchos aspectos, pero diferían en el método y en el énfasis. Metodológicamente, Aristóteles inauguró la práctica de la investigación cooperativa, exhibida en su historia natural y también en la recolección sistemática de la literatura filosófica anterior. En cuanto al énfasis, los intereses biológicos de Aristóteles entran en fuerte contraste con los matemáticos de Platón, y hay una diferencia obvia entre la metafísica platónica y la aristotélica.[5]

En aquellos momentos, Atenas había alcanzado el liderazgo educativo en el mundo griego, y pronto llegaron otros maestros para aprovechar las oportunidades. Zenón de Citium llegó a Atenas hacia el 312, y posteriormente empezó a enseñar en la *stoa poikilē* (columnata pintada) en una esquina del ágora ateniense, fundando así la escuela de lo que llegaría a llamarse filosofía «estoica». Epicuro, un ciudadano ateniense nacido en la isla de Samos, volvió a Atenas hacia el 307, compró una casa con jardín, y allí fundó la escuela de filosofía «epicúrea» que sobrevivió hasta la era cristiana.

La Academia, el Liceo, la Stoa y el Jardín de Epicuro —las cuatro escuelas más importantes de Atenas— desarrollaron identidades institucionales que las hicieron capaces de sobrevivir a sus fundadores. La Academia y el Liceo parecen haber tenido una existencia continua hasta comienzos del siglo I a.C. (quizás hasta el saqueo de Atenas por el general romano Sila en el 86 a.C.). Se ha dicho a menudo que la Academia sobrevivió hasta que fue cerrada por el emperador Justiniano en el 529 d.C. Parece que la verdad es que los neoplatónicos *refundaron* la Academia en el siglo V d.C. y se las arreglaron para mantenerla viva hasta alrededor del 560 o más tarde. Sin embargo, no hubo continuidad institucional entre ésta y la escuela de Platón. La Stoa sobrevivió hasta el siglo II d.C., y la escuela epicúrea hasta el siglo siguiente.[6] Mientras tanto, el modelo ateniense había sido exportado a otras partes del mundo griego, en particular a Alejandría (en Egipto). A la muerte de Alejandro Magno, sus generales dividieron su imperio, y Egipto y Palentina correspondieron a Ptolomeo. Alejandría se convirtió en la capital de Ptolomeo, y mediante su mecenazgo y el de sus sucesores creció en tamaño y en magnificencia, y pronto alcanzó una posición de superioridad en la educación. Cuando Demetrio de Falero, antiguo miembro del Liceo aristotélico, fue derrocado

5. Sobre el Liceo, véase Lynch, *Aristotle's School*, caps. 1, 3; también Felix Grayeff, *Aristotle and His School*.

6. Lynch, *Aristotle's School*, cap. 6.

como dictador de Atenas en el 307, Ptolomeo le invitó a Alejandría, donde posiblemente influyó en la decisión de su patrón de fundar el Museo, no un edificio donde podían exponerse artefactos, sino un templo a las musas y por tanto simultáneamente un santuario y un lugar para el saber. Las conexiones entre el Liceo y el Museo quedan ilustradas además por el hecho de que Estratón, el tercer director del Liceo, pasó un periodo en la corte ptolemaica, como tutor de la descendencia real. Parece que el Museo constaba de algunos edificios cercanos a las dependencias reales y (dado que era un templo) que estaba presidido por un sacerdote. Con su Biblioteca asociada (que, según una estimación antigua, contenía más de medio millón de rollos), el generoso patronazgo de los reyes Ptolomeos y en vista del eventual declive de las escuelas atenienses, se convirtió en la institución de investigación más importante del periodo helenístico, una de las conexiones principales entre el pensamiento griego antiguo y los periodos romano y medieval.[7]

El establecimiento del Museo en Alejandría es importante no sólo debido a la trascendencia de la investigación llevada a cabo allí, sino también porque es el primer ejemplo de la subvención del conocimiento avanzado por medio del patronazgo público o real. Este esquema fue extendido en el periodo del 140 al 80 d.C. por los emperadores Antonino Pío y Marco Aurelio, que dotaron cátedras imperiales para profesores de retórica y filosofía en Atenas y en otros lugares. Marco Aurelio atendió al establecimiento en Atenas de una cátedra para cada una de las tradiciones filosóficas más importantes —platónica, peripatética, estoica y epicúrea—, un modelo rápidamente imitado en otros lugares del mundo griego. A largo plazo, este esquema ejerció una poderosa influencia en la práctica educativa romana y cristiana.

El liceo después de Aristóteles

Aristóteles conoció a Teofrasto (ca. 371-ca. 286) durante sus viajes a Asia Menor, probablemente durante su estancia en la isla de Lesbos (lugar de nacimiento de Teofrasto) en la década de 340. Llegaron a tener una estrecha relación, y cuando Aristóteles volvió a Atenas en el 335, Teo-

7. La mejor fuente sobre el Museo y la Biblioteca alejandrinos, incluido su contexto social, es P. M. Fraser, *Ptolemaic Alexandria*, esp. 1, págs. 305-335; Véase también Lynch, *Aristotle's School*, págs. 121-123, 194.

frasto se le unió y durante los siguientes trece años participó en las actividades del Liceo.Tras la muerte de Aristóteles, Teofrasto asumió la jefatura del Liceo, una posición que conservó durante treinta y seis años.

Parece que Teofrasto compartió la perspectiva filosófica general de Aristóteles, sus directrices metodológicas y su amplitud de intereses. Teofrasto continuó enseñando y llevando a cabo los proyectos de investigación colectivos en historia natural y en historia de la filosofía iniciados en vida de Aristóteles. Recogió las opiniones de los filósofos presocráticos en un libro, que inició lo que nosotros ahora denominamos la tradición «doxográfica» (u «opinión»), una serie de manuales en los que se recopilaban y preservaban las opiniones filosóficas sobre una variedad de tópicos. Hoy la mayoría de los escritos de Teofrasto se ha perdido, pero entre los tratados que han sobrevivido hay dos obras botánicas y un tratado sobre los minerales que ponen de manifiesto una considerable dedicación al programa de investigación aristotélico. Al igual que los trabajos zoológicos de Aristóteles, los trabajos botánicos contienen meticulosas descripciones de la vida de las plantas (se mencionan más de 500 variedades), elaborados intentos de clasificación e inteligentes teorías fisiológicas. Teofrasto aceptó muchos de los principios explicativos de Aristóteles (la asociación de la vida con el calor vital, por ejemplo) e insistió en la necesidad de emplear una rigurosa metodología empírica. En su trabajo *Acerca de las piedras*, siguió a Aristóteles al dividir los minerales en metales (en los que predomina el elemento agua) y «tierras» (en los que predomina el elemento tierra). Procedió a una descripción sistemática de una amplia variedad de rocas y minerales.

El hecho de llevar a cabo el programa de investigación de Aristóteles sirvió de preparación a Teofrasto para cuestionar y discrepar acerca de algunos aspectos de la filosofía natural aristotélica. Tres ejemplos servirán para ilustrarlo. Teofrasto expresó reservas acerca de la teleología de Aristóteles, destacando que no todas las características del universo sirven para algún propósito identificable, y que en el mundo existe un elemento de azar sustancial. Reconsideró la teoría de los cuatro elementos de Aristóteles y puso en cuestión el estatus del fuego como elemento. Y discrepó de Aristóteles sobre la luz y la visión, discutiendo la opinión de éste según la cual la luz es la actualización de la transparencia del medio y formulando la tesis de que los ojos de los animales contienen una especie de fuego, cuya emisión explica la visión nocturna.[8]

8. Sobre Teofrasto como filósofo natural, véanse G. E. R. Lloyd, *Greek Science after*

Un logro de un tipo radicalmente distinto fue la adquisición por parte de Teofrasto de la propiedad del Liceo. Aunque no era un ciudadano ateniense, Teofrasto recibió un permiso especial para comprar una parcela de tierra próxima al gimnasio. Allí, en varios edificios, seguramente se instaló la biblioteca de la escuela y se adecuaron espacios de trabajo. En su testamento, Teofrasto legó a sus colegas de la escuela esta propiedad inmobiliaria: «Lego el jardín, el *peripatos* y todas las casas a lo largo del jardín a aquellos de mis amigos, mencionados aquí abajo, que deseen educar y filosofar a la vez en ellos de modo continuado [...]; mi condición es que ninguno enajene la propiedad o la dedique a un uso privado, sino que todos la mantengan en común como si fuera un santuario».[9]

La biblioteca de la escuela peripatética tuvo un destino más complicado. En su testamento, Teofrasto legaba la biblioteca (que contenía no sólo sus propios libros, sino también los de Aristóteles) a Neleo, a quien puede que Teofrasto deseara como sucesor. Cuando, en lugar de eso, los miembros más antiguos de la comunidad eligieron a Estratón, Neleo regresó a su casa en Eskepsis, en Asia Menor, llevándose los libros (o al menos la mayoría de éstos) consigo, privando así al Liceo de recursos vitales. Esta biblioteca sobrevivió más o menos intacta hasta principios del siglo v a.C., cuando (según el historiador Estrabón, que no hay que confundir con Estratón) fue comprada a los herederos de Neleo y devuelta a la escuela peripatética en Atenas. Poco después, Atenas cayó en manos de Sila, que embarcó los libros hacia Roma. Allí fueron a parar a manos de Andrónico de Rodas, que los ordenó y editó iniciándose así su amplia difusión.[10]

Mientras tanto, Estratón (de Lampsaco, en Asia Menor) asumió la jefatura del Liceo, una posición que mantuvo durante dieciocho años (286-268). Parece que Estratón tuvo intereses tan amplios como los de Aristóteles y Teofrasto. Sin embargo, ninguna de sus obras ha sobrevivido íntegra, y debemos contentarnos con una imagen fragmentaria de su actividad filosófica y científica, reconstruida a partir de citas dispersas y paráfrasis en obras de escritores posteriores. Parece que Estratón se esforzó por corregir y extender el trabajo de Aristóteles y Teofrasto sobre una va-

Aristotle; J. B. McDiarmid, «Theofrastus», *Dictionary of Scientific Biography*, 13, págs. 328-334.

9. Sobre Teofrasto y el Liceo, véase Lynch, *Aristotle's School*, págs. 97-108. La cita procede de la pág. 101, con un cambio menor.

10. *Ibid.*, págs. 101-103, 193.

riedad de temas. Ciertamente, no dudó en cuestionar sus puntos de vista o en acudir a otras tradiciones filosóficas, cuando parecía haber buenas razones para hacerlo así.

Las contribuciones más notables de Estratón (tal como nos han sido transmitidas) fueron las referidas al movimiento y a la estructura subyacente del mundo físico. Estratón propuso una revisión fundamental de la teoría del movimiento de Aristóteles cuando rechazó la distinción entre cuerpos pesados y ligeros, argumentando que todos los cuerpos son pesados en mayor o menor grado. El aire y el fuego ascienden, pues, no debido a que son absolutamente ligeros, sino a causa de que son desplazados por cuerpos más pesados. Estratón también se opuso a la teoría de Aristóteles del lugar y del espacio. Y aportó evidencias observacionales para demostrar que los cuerpos pesados se aceleran a medida que descienden (una característica de la caída de los cuerpos no tratada por Aristóteles). Estratón destacó el hecho de que un chorro de agua al caer desde una determinada altura, en lo alto es continuo, pero cerca del punto más bajo es discontinuo, un hecho que tenía que ser explicado por el aumento constante de velocidad. En apoyo de la misma conclusión, hizo notar que el impacto producido por un cuerpo en caída es una función no sólo de su peso, sino también de la altura de su caída.[11]

Aunque no hay duda de que Estratón siguió siendo fundamentalmente aristotélico en su visión de la estructura subyacente del mundo corpóreo, también está claro que importó nociones corpusculares hacia la filosofía natural aristotélica, posiblemente a través de la influencia de Epicuro, que enseñó por un tiempo en la ciudad natal de Estratón, Lampsaco, y también coincidió con Estratón en Atenas. Donde las ideas corpusculares se ponen más de relieve es en la creencia de Estratón de que la luz es una emanación material y que los cuerpos no son continuos sino que contienen espacios vacíos entre las partículas. Estratón usó la noción de espacios vacíos para explicar varias propiedades de la materia, incluidas la condensación, la rarefacción y la elasticidad. A la vez que aceptaba la existencia de diminutos espacios vacíos distribuidos a través de la materia, Estratón negaba la existencia natural de un espacio vacío continuo. Debemos tener cuidado en no convertir a Estratón en un atomista hecho

11. Sobre Estratón, véase Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, págs. 15-20; Marshall Clagett, *Greek Science in Antiquity*, págs. 68-71; H. B. Gottschalk, «Strato of Lampsacus», *Dictionary of Scientific Biography*, 13, págs. 91-95; y David Furley, *Cosmic Problems*, págs. 149-160. Sobre su relación con el Liceo, véase Lynch, *Aristotle's School*, *passim*.

y derecho, pues parece que mantuvo la creencia en una infinita divisibilidad de la sustancia corpórea, rechazando de este modo la única característica esencial de cualquier filosofía atomista, a saber, la creencia en la existencia de átomos irreductibles.

Se conoce el nombre de alguno de los sucesores de Estratón como director del Liceo, hasta finales del siglo II a.C. Es indudable que en la escuela se dieron clases con regularidad sobre la filosofía aristotélica y que hubo continuos intentos de clarificar la filosofía de Aristóteles y organizar los materiales que él había dejado. Sin embargo, no tenemos noticia de nuevas contribuciones a la filosofía natural, ni de una crítica especialmente aguda o contundente de la filosofía peripatética tradicional hasta después de que el Liceo hubiera dejado de funcionar. Aún así, las obras de Aristóteles continuaron siendo conocidas y comentadas, especialmente después de que Andrónico de Rodas hiciera su nueva edición del corpus aristotélico. A mitad del siglo I a.C. encontramos comentarios de Boecio de Sidón (un alumno de Andrónico) y de Nicolás de Damasco (historiador en la corte de Herodes el Grande). Hacia el 200 d.C., Alejandro de Afrodisia daba clases de filosofía peripatética en Atenas y escribía importantes e influyentes comentarios sobre distintas obras aristotélicas. Finalmente, los comentarios aristotélicos de Simplicio y Juan Filópono (ambos neoplatónicos) testimonian la persistencia de la tradición aristotélica aún en el siglo VI d.C. La renovada atención hacia esta tradición en el Islam y en la cristiandad medieval devolvería una vez más la filosofía de Aristóteles a una posición de liderazgo.[12]

Epicúreos y estoicos

Durante el periodo helenístico, los seguidores de Platón y de Aristóteles continuaron discutiendo, aclarando y modificando la filosofía platónica y aristotélica. Al mismo tiempo, fueron desarrollándose sistemas filosóficos alternativos, dos de los cuales llegaron a ser serios rivales. Ambos contenían elementos conocidos, pero ambos resultaban nuevos por la importancia que daban a las cuestiones éticas. En realidad, lo que resulta llamativo en uno y otro es su determinación de subordinar todos los demás aspectos de la filosofía a los intereses éticos.

12. Sobre los antiguos comentadores aristotélicos, véanse los artículos reunidos por Richard Sorabji (comp.), *Aristotle Transformed*.

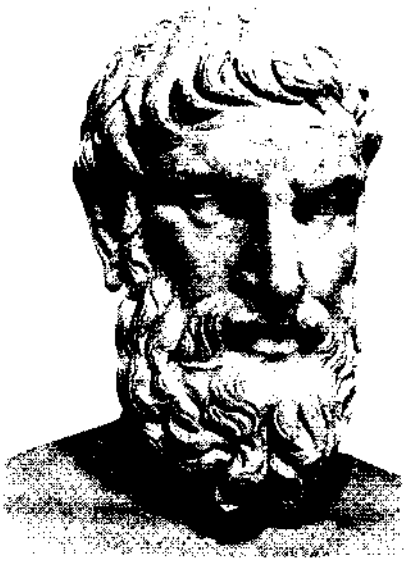


FIG. 4.3. *Epicuro*. Museo Vaticano, Ciudad del Vaticano. Alinari/Art Resource N. Y.

El propósito de la filosofía según Epicuro (341-270 a.C.) es conseguir la felicidad. «Decir que la estación para estudiar filosofía todavía no ha llegado, o que ya ha pasado y se ha ido —escribía Epicuro a Meneceo—, es como decir que la estación para la felicidad no ha llegado aún o que ahora ya no existe.» Epicuro creía que el modo de alcanzar la felicidad era eliminar el miedo a lo desconocido y a lo sobrenatural, y para este propósito era especialmente adecuada la filosofía natural. Una máxima atribuida a Epicuro reza como sigue: «Si nunca hubiéramos sido importunados por la inquietud producida por los fenómenos celestes y atmosféricos, ni por los presentimientos con que la muerte nos afecta a veces, ni por el olvido de los auténticos límites propios de los dolores y los deseos, no habríamos tenido necesidad de estudiar filosofía natural». La filosofía natural no es solamente un vehículo para la consecución de la felicidad, ésa es su única función.[13]

La filosofía natural de Epicuro tomaba prestados muchos elementos del atomismo antiguo. El universo se concebía como eterno y constaba de

13. Para las citas, véase Diogenes Laercio, *Lifes of Eminent Philosophers*, trad. de R. D. Hicks, 2, págs. 649, 667 (sustituyendo «filosofía» por «ciencia» en el último pasaje). Sobre la filosofía epicúrea, véase A. A. Long, *Helenistic Philosophy*, 2ª ed.; David J. Furley, *Two Studies in the Greek Atomists*; Elizabeth Asmis, *Epicurus' Scientific Method*; Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, cap. 3; Cyril Bailey, *The Greek Atomists and Epicurus*; y las fuentes editadas y traducidas por A. A. Long y D. N. Sedley, *The Hellenistic Philosophers*, 2 vols.

un vacío infinito dentro del cual un número infinito de átomos estaban en continuo movimiento, zarandeados aquí y allá «como si estuvieran en eterno combate», como partículas de polvo en un haz de luz brillante. Todas las cosas y todos los fenómenos de nuestro mundo (y en los infinitos otros mundos que existen) son reducibles a átomos y a vacío. Los propios dioses deben tener una composición atómica. Las cualidades sensibles de las cosas (nosotros ahora las llamamos «cualidades secundarias»), tales como el sabor, el color y el calor, no existen en el átomo individual, cuyas únicas propiedades auténticas son la figura, el tamaño y el peso. Éste es un mundo pasivo, mecánico, en el que todo es el resultado de la causalidad mecánica (con una excepción que se mencionará más abajo). No existe ninguna mente reguladora, ninguna providencia divina, ningún destino, ni vida después de la muerte. Y no hay causas finales: como Lucrecio (m. ca. 55 d.C.) señalaría en su explicación de la filosofía epicúrea, «todos los miembros [del cuerpo] [...] existían antes de su uso; por tanto no pudieron desarrollarse para el uso».[14]

Pero Epicuro y sus seguidores no se limitaron a propagar el sistema filosófico de los atomistas antiguos. También tuvieron que adaptar la filosofía atomista de modo que pudiera tener funciones éticas. Y modificaron su contenido para resolver dificultades, afrontar objeciones y en general para aumentar su poder explicativo. Por ejemplo, Epicuro se opuso al racionalismo de Demócrito, arguyendo que toda sensación es fundamentalmente digna de confianza.[15] A partir de ahí parece seguirse que las cualidades sensibles poseen realidad en el nivel macroscópico, incluso aunque (como Demócrito había mantenido) no existan en los átomos.

Una modificación más significativa del contenido de la filosofía natural atomista fue la doctrina de Epicuro de la declinación, diseñada no sólo para salvar la cosmología atomista de objeciones fatales, sino también para eliminar de la ética epicúrea la amenaza del determinismo. Según Epicuro, los átomos poseen figura y tamaño (como Leucipo y Demócrito habían sostenido), pero también peso. Su peso hace que caigan en el vacío infinito, produciendo lo que podría considerarse una lluvia cósmica primordial. Debido a que ningún átomo encuentra resistencia, todos descienden a la misma velocidad, y ninguno es adelantado por otro. Ahora bien, esta cos-

14. Las citas (del *De rerum natura* de Lucrecio, II.15 y IV.840) están tomadas de Long y Sedley, *Hellenistic Philosophers*, 1, pág. 47; y Lucrecio, *De rerum natura*, trad. de W. H. D. Rouse y M. F. Smith, 2ª ed. rev., pág. 343.

15. Asmis, *Epicurus' Scientific Method*, cap. 8.

mología no es en absoluto satisfactoria, porque parece excluir las colisiones que dan al atomismo su poder explicativo. Epicuro afronta esta dificultad postulando una declinación infinitesimal: un átomo cambia su línea de descenso lo menos posible, estableciendo una reacción en cadena de colisiones. La característica más molesta de esta teoría es que la declinación debe ser un elemento no causal, dado que si fuera causal sólo podría ser causado por la colisión con otro átomo. Y, obviamente, la imposibilidad de tal colisión es precisamente la dificultad a la que estamos tratando de escapar.[16]

Si nos sentimos tentados de tratar duramente a Epicuro por la invención de eventos no causales (que todavía son un elemento filosóficamente desconcertante, incluso cuando aparecen en algunas interpretaciones de la moderna mecánica cuántica), debemos destacar que la declinación no sólo explica el origen del torbellino atómico, que a su vez explica el mundo en el que vivimos, sino que también rompe la cadena determinista que eliminaría la responsabilidad humana y destruiría el sistema ético de Epicuro. Si el mundo está totalmente sujeto a la rígida causalidad mecánica, entonces la acción humana no puede ser libre. Y si los humanos no escogen libremente, no tienen responsabilidad. La declinación introduce un elemento de indeterminismo en el universo. Y aunque eso no explique cómo se ejerce realmente el libre albedrío (una pregunta a la que todavía no sabemos cómo responder), al poner de manifiesto una ruptura en la cadena de la rígida necesidad causal da lugar a la *posibilidad* de la volición humana libre. Indudablemente, no es una solución enteramente satisfactoria, pero haber percibido el problema del libre albedrío en un universo mecánico (Epicuro fue el primero en hacerlo) es por sí mismo un logro significativo.

El fundador de la filosofía estoica fue Zenón (ca. 333-262 a.C.) de Citium, en la isla de Chipre. Este Zenón, que no hay que confundir con el discípulo de Parménides del mismo nombre, fue a Atenas y pasó allí alrededor de una década estudiando en diversas escuelas, incluida la Academia, antes de establecer su propia escuela en la *stoa poikilē* hacia el año 300. Sucedieron a Zenón, Cleanto de Asos (331-232 a.C.) y Crisipo de Solos (ca. 280-207 a.C.), pensadores importantes por propio derecho, que contribuyeron tanto como Zenón al desarrollo del estoicismo como una filosofía sistemática. La filosofía estoica, como una tradición de estu-

16. Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, págs. 23-24.

dio activa, sobrevivió hasta entrado el siglo II d.C. Sin embargo, su influencia puede rastrearse hasta el siglo XVII.[17]

Los estoicos y los epicúreos estaban en radical oposición en la mayoría de los temas, pero coincidían en unos pocos. En primer lugar, estaban de acuerdo acerca de la subordinación de la filosofía a la ética. En ambas escuelas filosóficas la búsqueda de la felicidad era considerada como la meta de la existencia humana. Los estoicos creían que la felicidad podía alcanzarse sólo viviendo en armonía con la naturaleza y con la ley natural. Y vivir en armonía con la naturaleza requería el conocimiento de la filosofía natural. En segundo lugar, los miembros de ambas escuelas filosóficas eran materialistas comprometidos y afirmaban incansablemente que nada existe excepto lo material.

Este materialismo compartido era una importante base común. Hizo que los estoicos y epicúreos fueran aliados en la batalla contra los defensores de toda filosofía no materialista, como Platón y sus seguidores. Sin embargo, apenas vamos más allá de esta proposición básica vemos que estoicos y epicúreos tenían una visión del universo radicalmente diferente. Los epicúreos creían que la materia era discontinua y pasiva, que constaba de átomos inertes, indivisibles, discretos, que se movían sin sentido en el infinito espacio vacío. El suyo era un universo mecanicista. Los estoicos, por el contrario, crearon un modelo de universo orgánico, caracterizado por la continuidad y la actividad. Usemos estos contrastes (continuidad-discontinuidad y actividad-pasividad) como puntos de acceso a la filosofía natural estoica.[18]

Los estoicos creían que la materia no se presenta a sí misma en forma de átomos, cada uno de los cuales tiene una identidad permanente, sino como un continuo infinitamente divisible, sin rupturas naturales ni espacios vacíos. Tamaño y figura, por tanto, no son atributos permanentes de la materia, pues la materia puede ser troceada en partes del tamaño y figura que prefiramos. Aunque no admitían el vacío dentro del universo, los estoicos aceptaban un vacío extracósmico, considerando el cosmos

17. Sobre la filosofía estoica en general, véanse Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, cap. 3; F. H. Sandbach, *The Stoics*; Long, *Helenistic Philosophy*; Marcia L. Colish, *The Stoic Tradition from Antiquity to the Early Middle Ages*; los artículos reunidos en Ronald H. Epp. (comp.), *Recovering the Stoics*; y las fuentes recogidas en Long y Sedley, *The Hellenistic Philosophers*.

18. Sobre la filosofía natural estoica, además de las fuentes citadas anteriormente, véanse David E. Hahm, *The Origins of the Stoic Cosmology*; y S. Sambursky, *Physics of the Stoics*.

como una isla de un continuo de materia rodeada por un espacio vacío infinito.

Los estoicos siguieron a los epicúreos en la aceptación de un aspecto pasivo de las cosas materiales, pero estaban convencidos de que el asunto no acababa aquí. La posición epicúrea era vulnerable a la objeción siguiente. Si un objeto individual deriva todas sus propiedades del cambio de configuración de diminutos trozos inertes de materia, muchas de las propiedades del todo no hallan explicación convincente. Las únicas propiedades que poseían los átomos epicúreos eran el tamaño, la figura y el peso. ¿Cómo podía, pues, un epicúreo explicar una propiedad tan simple y básica como la cohesión, el hecho de que una roca siga siendo una roca, resistiendo a la desintegración en sus partículas constituyentes? ¿De dónde procede el frío de un bloque de hielo, si el frío no es una propiedad de sus constituyentes? ¿Y cómo explicar el color, el sabor y la textura? O, para pasar a un caso mucho más difícil, ¿de dónde proceden las características de los seres vivos, el ciclo vital de una planta, la conducta reproductiva de un insecto o la personalidad de un ser humano? Si el perro de la familia es meramente una configuración azarosa de materia inerte, ¿cómo se explica su obsesión por perseguir al cartero? Parece como si además de la materia pasiva tuviera que existir un principio activo, que tuviera la capacidad de organizar la materia pasiva en una unidad orgánica o explicar su conducta característica. Tiene que haber algo sobre lo que se actúa, pero también debe haber algo que actúe, y en un mundo materialista ese algo debe ser material.

Los estoicos identificaban este principio activo con el aliento o pneuma, la sustancia más sutil, que lo penetra absolutamente todo, que mantiene a la materia pasiva receptora como objetos unificados y dota a dichos objetos de sus propiedades características. Pero es importante recordar que el pneuma es algo más que una materia sutil que lo penetra todo. También es una sustancia activa y racional, la fuente de vitalidad y racionalidad en el cosmos. En realidad, los estoicos identificaban el pneuma con la racionalidad divina y con la propia divinidad. Desde un punto de vista moderno, la ecuación *pneuma* = *razón* = *dios* puede parecer extraña y, por supuesto, desde una perspectiva judeocristiana, equivocada. Pero era básica para la cosmología estoica. Se había hecho descender a la divinidad desde los cielos, se había materializado, y se le había hecho explicar la actividad y el orden del universo.

Escudriñemos este pneuma más de cerca, preguntándonos por su estructura (si la tiene), por la fuente de sus capacidades organizadoras y

por su relación con la materia pasiva. Los estoicos aceptaban la existencia de los cuatro elementos aristotélicos, pero los dividían en dos grupos según la actividad. Consideraban a la tierra y al agua, los principales ingredientes de los objetos sensibles, como elementos pasivos. El aire y el fuego mezclados en distintas proporciones (los estoicos pensaban en una mezcla total, homogénea) producen distintas clases de pneuma. Por tanto, el aire y el fuego actúan, mientras que el agua y la tierra son objeto de acción.

Hay pneumas de varios grados. En el nivel más bajo, el pneuma que explica la cohesión de lo que nosotros consideramos cuerpos inorgánicos —rocas y minerales, por ejemplo— se llama *hexis*. El pneuma de las plantas y animales, que les da sus propiedades vitales, es *physis*. Y el grado más alto del pneuma, el que poseen los humanos y explica su racionalidad, es *psychē*. Ahora bien, los estoicos identificaban el pneuma de un objeto con el alma. Se sigue que cada cosa individual está penetrada por un alma, y esa alma funciona como su principio organizador. Tiene que haber además un pneuma cósmico, un alma del mundo, puesto que el cosmos también es una unidad orgánica cuyas características requieren principios activos para su explicación. El carácter profundamente vitalista de la filosofía natural estoica debería resultar evidente.

El pneuma existe en estado de tensión y de elasticidad. Esa tensión explica la propiedad más básica de los objetos, la cohesión. En los niveles más altos, diferentes tensiones explican las distintas propiedades y personalidades observables en el mundo. Y finalmente, puede ser oportuno reiterar que la relación entre el pneuma y su cuerpo huésped es una mezcla total o interpenetración en la que ocupan las dos sustancias el mismo espacio.

La cosmología estoica, como la de Platón y Aristóteles, era geocéntrica. Sin embargo, los estoicos seguían a los atomistas y se alejaron decisivamente de Aristóteles, negándose a hacer cualquier clase de distinción radical entre las regiones terrestre y celeste. Cuando se pasa a cuestiones tan fundamentales como la composición y las leyes de la naturaleza, el cosmos estoico era homogéneo. Los estoicos coincidían con Aristóteles en la eternidad del universo, pero sustituían su creencia en la estabilidad cósmica por una teoría cíclica inspirada por el pensamiento presocrático. Según distintos pensadores estoicos, existe un ciclo cósmico eterno de expansión y contracción, conflagración y regeneración. En la fase expansiva, el mundo se disuelve en fuego. En la fase de contracción el fuego cede de nuevo el paso a los otros elementos, y el mundo tal como lo conocemos se rege-

nera. Este ciclo se repite eternamente, produciendo una perpetua secuencia de mundos idénticos.[19]

Finalmente, debemos señalar que el universo estoico era concebido a la vez como finalista y determinista. Estando como estaba penetrado por la mente y la divinidad, el cosmos estoico estaba inevitablemente inundado por el propósito, la racionalidad y la providencia. Al mismo tiempo, su curso estaba rígidamente determinado. La filosofía estoica mantenía que hay cadenas causales (producto ellas mismas de la racionalidad divina) que no podían ser violadas y que determinaban totalmente la secuencia de los acontecimientos. Como señaló Cicerón en *Sobre la adivinación*, «no ha sucedido nada que no tuviera que suceder, e igualmente no ha de suceder nada de lo que la naturaleza no contenga las causas que obran para que esa cosa suceda. Eso hace inteligible que el destino exista, no el "destino" de la superstición, sino el de la física».[20]

Hemos visto que la filosofía natural de los estoicos y la de los epicúreos eran, en muchos sentidos, opuestas. Mientras que la filosofía epicúrea tenía como uno de sus grandes objetivos el combatir la teleología platónica y aristotélica, la filosofía estoica se orientaba hacia el descubrimiento de la finalidad y la defensa de la teleología. Mientras que los epicúreos presentan un universo mecanicista, los estoicos lo descubrían orgánico. Mientras que Epicuro luchaba por introducir un elemento de indeterminación en su universo, por lo demás mecanicista, los estoicos estaban satisfechos con un universo orgánico donde reinaba un rígido determinismo. A corto plazo, la visión estoica del cosmos pareció la más plausible de las dos y en la antigüedad tardía se convirtió en una opción filosófica prominente. A la larga, tanto la filosofía estoica como la epicúrea fueron recuperadas en el periodo moderno inicial y se presentaron como alternativas a las imágenes del mundo platónica y aristotélica. Y cada una de ellas tuvo un papel en la configuración de la nueva filosofía del siglo XVII.

19. A. A. Long, «The Stoics on World. Conflagration and Everlasting Recurrence», en Epp. (comp.), *Recovering the Stoics*, págs. 13-37; Hahm, *The Origins of the Stoic Cosmology*, cap. 6.

20. Cicerón, *Sobre la adivinación*, I: citado por Long y Sedley, *The Hellenistic Philosophers*, 1, pág. 337.

Capítulo 5

Las ciencias matemáticas en la antigüedad

La aplicación de las matemáticas a la naturaleza

En la tradición científica occidental ha habido un largo debate sobre la aplicabilidad de las matemáticas a la naturaleza. La cuestión es si el mundo es fundamentalmente matemático, en cuyo caso el análisis matemático es la vía segura para una comprensión más profunda, o si las matemáticas son aplicables sólo a los aspectos superficiales cuantificables de las cosas, sin alcanzar las realidades últimas. No hay duda de que los científicos naturales del periodo moderno parecen progresivamente inclinados a resolver la cuestión en favor del enfoque matemático. Sin embargo, la alternativa no deja de tener sus defensores, y el debate sigue vivo entre los científicos sociales y los historiadores.

Parece que los antiguos pitagóricos mantuvieron que la naturaleza es íntegramente matemática. Si podemos confiar en Aristóteles, los pitagóricos llegaron al extremo de afirmar que la realidad última es el número (véase el capítulo 2 para un comentario más amplio). Platón tomó totalmente en serio el programa pitagórico en su teoría de la materia, afirmando que los cuatro elementos son reducibles a sólidos geométricos regulares, que a su vez son reducibles a triángulos. De este modo, para Platón los ladrillos fundamentales del mundo visible no eran materiales, sino geométricos. Además, lo que enlaza todo en un cosmos unificado, afirma Platón, no es la fuerza física o mecánica, sino simplemente la proporción geométrica.[1]

1. Sobre esta cuestión véase Friedrich Solmsen, *Aristotle's System of the Physical World*, págs. 46-48, 259-262; David C. Lindberg, «On the Applicability of Mathematics

No hay duda de que Aristóteles tenía formación matemática. Modeló su teoría del conocimiento sobre la demostración matemática, utilizó la geometría en su teoría del arco iris y empleó la teoría de la proporción en su análisis del movimiento. Pero Aristóteles estaba convencido de que entre las matemáticas y la ciencia natural o física existía una diferencia. La física, por definición, considera las cosas naturales en su totalidad, como cuerpos sensibles, mutables. El matemático, en cambio, desnuda los cuerpos de todas las cualidades sensibles y se concentra en las matemáticas restantes:

> En sus investigaciones [los matemáticos] primero abstraen todo lo que es sensible, como el peso y la ligereza, la dureza y su contrario, y también el calor y la frialdad y todas las demás contrariedades sensibles, dejando sólo la cantidad y la continuidad, a veces en una, a veces en dos y a veces en tres dimensiones. [...][2]

El matemático está interesado sólo en las propiedades geométricas de las cosas, y éstas no agotan la realidad en absoluto. Reintroduce el peso, la dureza, el calor, el color y las otras cualidades sensibles que existen en el mundo real y habrás abandonado el ámbito matemático y vuelto al tema de la física.

De modo que, en la cuestión de la aplicabilidad de las matemáticas a la naturaleza, Aristóteles tomó un camino intermedio. Estaba convencido de que tanto las matemáticas como la física son útiles, pero para él estaba claro que no son lo mismo. El matemático y el físico pueden estudiar el mismo objeto, pero se concentran en características diferentes de éste. Aún así, hay ciertos temas —la astronomía, la óptica y la armonía— que están en la frontera entre matemáticas y física. En estas materias, que pasarán a llamarse ciencias «medias» o «mixtas», el matemático es capaz de dar la causa o explicación de los hechos establecidos por el físico.

De este modo, Platón y Aristóteles formularon las dos *teorías* de la relación entre matemáticas y naturaleza que se convirtieron en los polos entre los cuales los científicos naturales han oscilado desde la antigüedad hasta el presente. Sin embargo, nuestro interés no se dirige únicamente a la aplicabilidad de las matemáticas a la naturaleza, sino también a los mo-

---

to Nature»; James A. Weisheipl, *The Development of Physical Theory in the Middle Ages*, págs. 13-17, 48-62.

2. Aristóteles, *Metafísica*, XI.3.1061ª30-35, trad. de Hugh Tredennick, 2, 67-69.

dos en los que estas teorías fueron *llevadas a la práctica*. Para observar a los griegos en el trabajo real, aplicando las matemáticas a la naturaleza, examinaremos el tema de la astronomía, de la óptica y de la balanza o la palanca. Para prepararnos en esta investigación, primero debemos echar una ojeada a los logros griegos en matemática pura.

Matemática griega

Sabemos poco sobre los orígenes de las matemáticas griegas. No hay duda de que los matemáticos de la Grecia primitiva tuvieron acceso a los logros matemáticos egipcios y especialmente a los babilonios (véase el capítulo 1). Pero la matemática griega fue diferente desde el inicio, y la diferencia radicaba sobre todo en la geometría griega, con su orientación hacia el conocimiento geométrico abstracto y sus métodos formales de inferencia y de prueba. Una de las razones para ese énfasis de los griegos en la geometría puede haber sido el descubrimiento, quizás en la escuela pitagórica, de que la razón entre el lado y la diagonal de un cuadrado no puede ser representada por ningún par de números enteros. Más técnicamente, nosotros nos referimos a esto como la inconmensurabilidad del lado y la diagonal. Otro modo de expresar el mismo resultado es hablar de la irracionalidad de $\sqrt{2}$ (la longitud de la diagonal de un cuadrado cuyo lado es 1; véase la figura 5.1.). Es posible que esta irracionalidad convenciera a los matemáticos griegos de la inadecuación de los números (en la visión griega, los enteros positivos) para la representación de la realidad y de este modo animara el desarrollo de la geometría.[3]

Poseemos únicamente datos fragmentarios de desarrollos matemáticos específicos en el periodo anterior a Euclides (que floreció hacia el 300 a.C.), pero está unánimemente aceptado que esos desarrollos fueron codificados en el propio libro de texto de Euclides, *Elementos*.[4] En éste encontramos una matemática altamente desarrollada como un sistema axiomático, deductivo. Los *Elementos* empiezan con un conjunto de de-

3. Sobre las matemáticas griegas, véanse B. L. Van der Waerden, *Science Awakening Egiptian, Babilonian and Greek Mathematics*, caps. 4-8; Carl B. Boyer, *History of Mathematics*, caps. 4-11; y Thomas Heath, *A History of Greek Mathematics*. Para una revisión de la investigación reciente, véase J. L. Berggren, «History of Greek Mathematics: A Survey of Recent Research».

4. Wilbur Knorr, *The Evolution of the Euclidean Elements*.

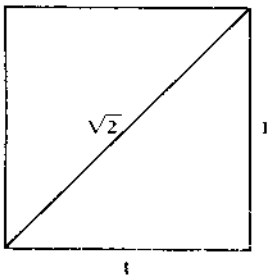


FIG. 5.1. *La inconmensurabilidad del lado y la diagonal de un cuadrado.*

finiciones: del punto («aquello que no tiene partes»), la línea («longitud sin anchura»), la línea recta, la superficie, la superficie plana, el ángulo plano, los ángulos recto, agudo y obtuso, varias figuras planas, las líneas paralelas, etc. Las definiciones van seguidas por cinco postulados: que una línea puede trazarse desde un punto a cualquier otro punto; que la línea recta puede extenderse continuamente desde cualquier extremo; que un círculo de cualquier radio puede trazarse alrededor de cualquier punto; que todos los ángulos rectos son iguales; y un enunciado de las condiciones bajo las cuales las líneas rectas intersecarán. Los postulados son seguidos por cinco «nociones comunes» o axiomas, verdades autoevidentes necesarias para la práctica del pensamiento correcto en general y matemático en particular. Éstos incluyen la afirmación de que las cosas iguales a otra misma cosa son iguales entre sí; que los iguales añadidos a iguales dan sumas iguales; y que el todo es mayor que la parte. Estas afirmaciones preparatorias proporcionan el trabajo básico para las proposiciones que ocupan los trece libros que siguen. Una proposición típica empieza con un enunciado, seguido por un ejemplo, una definición o especificación adicional de la proposición, y una construcción; y termina con una prueba y una conclusión. Lo que es importante destacar es que la conclusión de una demostración propiamente euclídea se sigue necesariamente de las definiciones, postulados, axiomas y proposiciones previamente probadas. Euclides manejó este método de modo tan impresionante que, a través de su influencia —y la de Aristóteles, cuyo método se parece al de Euclides en varios aspectos cruciales—, se convirtió en el estándar de la demostración científica hasta finales del siglo XVII.

No es preciso que nos detengamos mucho en el contenido de los *Elementos*, porque se parece mucho a la geometría enseñada en un moderno instituto de secundaria. Los libros I-VI desarrollan los elementos de la geometría plana, el libro X está dedicado a la clasificación de las magnitudes inconmensurables, y los libros XI-XIII tratan de la geometría sólida.

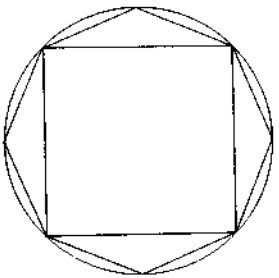


FIG. 5.2. *Determinando el área de un círculo por el método de «exhausción».*

En los libros VII-IX, Euclides presenta temas de aritmética, incluida la teoría de los números y de la proporción numérica. De entre los muchos logros de los *Elementos* hay uno que debe ser mencionado debido a su futura importancia en el desarrollo del método de «exhausción», probablemente tomado por Euclides de su predecesor Eudoxo y destinado a influir en varios seguidores, incluido Arquímedes. Euclides muestra (XII, 2) cómo determinar, usando el método de la «exhausción», el área de un círculo por medio de un polígono inscrito. Si doblamos una y otra vez el número de lados del polígono, iremos reduciendo la diferencia entre el área del polígono (conocida) y el área del círculo (desconocida), hasta el punto en el que sea menor que cualquier magnitud que elijamos (véase la figura 5.2.). Este método hace posible calcular el área de un círculo hasta cualquier grado de precisión deseado. Con un pequeño desarrollo adicional, podría usarse también para calcular el área dentro de (o bajo) otras curvas. Otro aspecto importante de los *Elementos* es su exploración de las propiedades de los sólidos geométricos regulares, a veces conocidos como «sólidos platónicos», y su demostración (XIII, 18) de que no hay otros sólidos regulares además de estos cinco.[5]

Euclides fue seguido por una serie de brillantes matemáticos helenísticos, de entre los cuales el más grande fue indudablemente Arquímedes (ca. 287-211 a.C.). Contribuyó tanto a la matemática teórica como a la aplicada, pero Arquímedes es especialmente estimado por la elegancia de sus pruebas matemáticas. En alguno de sus trabajos más importantes, Arquímedes desarrolló el método de «exhausción» y lo aplicó al cálculo de áreas y volúmenes, incluida el área encerrada dentro de un segmento de parábola, el área limitada por ciertas espirales y el área de la superficie y el

5. Sobre Euclides, véanse Heath, *Greek Mathematics*, cap. 11; y Boyer, *History of Mathematics*, cap. 7; también la traducción de los *Elementos* de Thomas Heath, con amplio y detallado comentario.

volumen de una esfera. Calculó y mejoró el valor de π (la razón de la circunferencia de un círculo con su diámetro), mostrando que debería estar entre 3 10/71 y 3 1/7. Arquímedes tuvo una profunda influencia en el desarrollo posterior de las matemáticas y de la física matemática, especialmente después de que sus trabajos fueran redescubiertos y reeditados en el Renacimiento. Examinaremos sus contribuciones a la física más adelante.[6]

Un último logro de las matemáticas griegas que debe ser mencionado es el trabajo de Apolonio de Perga (fl. 210 a.C.) sobre las secciones cónicas. Apolonio estudió la elipse, la parábola y la hipérbole —las figuras planas formadas cuando un cono circular es cortado en varios ángulos por una superficie plana— y propuso un nuevo enfoque para su definición y métodos de generación. Su libro sobre las secciones cónicas, al igual que los trabajos de Arquímedes, estaba destinado a tener una importante influencia en el periodo moderno inicial.

La astronomía griega inicial

Al principio, la astronomía griega parece haberse interesado principalmente por la observación y confección de mapas estelares, por el calendario y por los movimientos solar y lunar que había que dilucidar antes de poder construir un calendario satisfactorio. La mayor dificultad en el calendario surge del hecho de que el año solar no es un múltiplo entero de meses lunares. Es decir, en el tiempo requerido para que el Sol complete un circuito sobre el zodíaco, la Luna completa doce circuitos más una fracción. De este modo, un calendario basado en doce meses de veintinueve o treinta días cada uno se queda unos once días corto, y el calendario y las estaciones no irán sincronizados. Se desarrollaron varios esquemas para insertar un mes adicional cuando se requería, para devolver al calendario la correspondencia con las estaciones. Estos esfuerzos calendáricos culminaron en el ciclo metónico, propuesto por Metón (fl. 425 a.C.), basado en la comprensión de que diecinueve años contienen con gran aproximación 235 meses. Por tanto, en un ciclo de diecinueve años, habrá doce años de doce meses y siete años de trece meses. Parece que

6. E. Dijksterhuis, *Archimedes*; T. L. Heath (comp.), *The Works of Archimedes*. Sobre la influencia de Arquímedes en la Edad Media, véase Marshall Clagett (comp. y trad.), *Archimedes in the Middle Ages*.

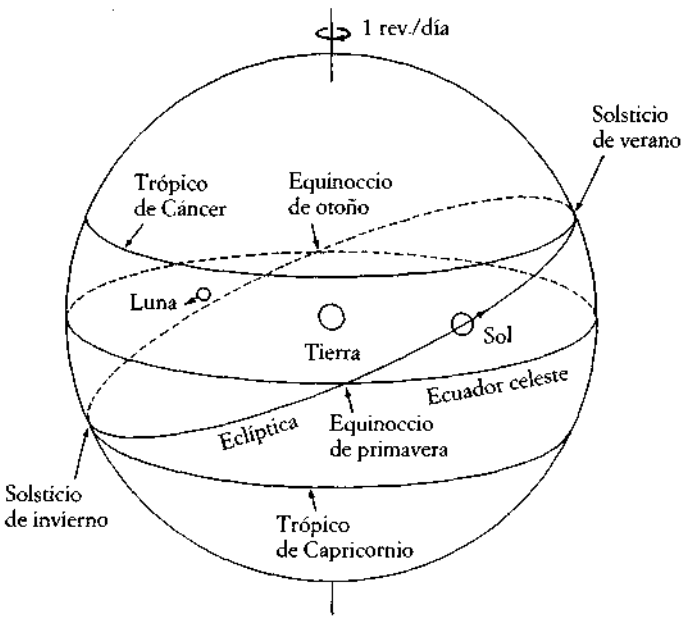


FIG. 5.3. *El modelo del cosmos de dos esferas.*

Metón lo propuso más como un calendario astronómico que civil; y fue usado en la astronomía durante varios siglos.[7]

La astronomía griega experimentó un giro decisivo en el siglo IV con Platón (427-348/347) y su joven contemporáneo Eudoxo de Cnido (ca. 390-ca. 337). En su trabajo encontramos 1) un cambio de intereses de las estrellas a los planetas, 2) la creación de un modelo geométrico, el «modelo de las dos esferas», para la representación de los fenómenos estelares y planetarios, y 3) el establecimiento de los criterios a seguir por las teorías diseñadas para explicar las observaciones planetarias. Analicemos estos logros con algún detalle.

El modelo de las dos esferas ideado por Platón y Eudoxo concibe los cielos y la Tierra como un par de esferas concéntricas. Las estrellas están fijadas a la esfera celeste, y a lo largo de su superficie se mueven el Sol, la Luna y los demás planetas. La rotación diaria de la esfera celeste explica

7. Sobre la astronomía griega inicial, véanse especialmente Bernard R. Goldstein y Alan C. Bowen, «A new View of Early Greek Astronomy»; D. R. Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle*; G. E. R. Lloyd, *Early Greek Science*, cap. 7; y Thomas Heath, *Aristarchus of Samos, The Ancient Copernicus*. Para una explicación altamente técnica, véase Otto Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 2, págs. 571-776.

la salida y puesta diaria de todos los cuerpos celestes. Los círculos correspondientes sobre las dos esferas las dividen en zonas y señalan los movimientos de las estrellas errantes. La figura 5.3 presenta aproximadamente lo que Platón y Eudoxo tenían en mente. La esfera terrestre está fija en el centro, mientras que la esfera celeste rota diariamente en torno a un eje vertical. El ecuador de la Tierra proyectado sobre la esfera celeste define el ecuador celeste. El círculo a lo largo del cual se mueven el Sol, la Luna y los planetas en su viaje a través de la esfera celeste —un círculo inclinado aproximadamente 23° respecto al ecuador y que pasa por el centro del zodíaco— es la eclíptica. La eclíptica y el ecuador celeste intersecan en los equinoccios; cuando el Sol, en su viaje anual a lo largo de la eclíptica, alcanza el equinoccio de otoño (aproximadamente el 21 de septiembre), empieza el otoño; cuando alcanza el equinoccio de primavera, empieza la primavera. Los puntos en los que la eclíptica está más distante del ecuador son los solsticios; cuando el Sol alcanza el solsticio de verano (aproximadamente el 21 de junio), empieza el verano. Los círculos dibujados paralelos al ecuador, que pasan por los solsticios de verano e invierno respectivamente, son los trópicos de Cáncer y de Capricornio.[8]

Hacia el siglo IV, los movimientos del Sol, la Luna y los planetas habían sido cuidadosamente observados y bien trazados. En el modelo de Platón y Eudoxo, el Sol recorre la eclíptica una vez al año, mientras que la Luna completa su circuito en un mes, moviéndose ambos de oeste hacia este y con velocidad casi uniforme. Los otros planetas —Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno— también siguen la eclíptica (desviándose de ella tan sólo unos pocos grados), moviéndose en la misma dirección que el Sol y la Luna pero con considerables variaciones de velocidad. Marte, por ejemplo, recorre la eclíptica una vez cada 22 meses aproximadamente (687 días). Más o menos cada 26 meses se enlentece hasta detenerse, retrocede sobre sus pasos (moviéndose ahora de este hacia oeste), se detiene de nuevo y entonces recupera su movimiento normal de oeste hacia este. Esta inversión de la dirección se llama «movimiento retrógrado» y se presenta en todos los planetas, pero no en el Sol y la Luna. La figura 5.4 ilustra el movimiento retrógrado observado de Marte.

Otra característica llamativa del movimiento planetario conocida por Platón y Eudoxo era el hecho de que Mercurio y Venus nunca se separan

8. Para un útil análisis de los fenómenos planetarios básicos y del modelo de las dos esferas, véanse Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, cap. 1; y Michael J. Crowe, *Theories of the World from Antiquity to the Copernican Revolution*, cap. 1.

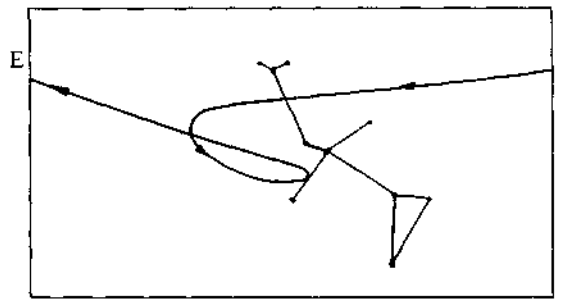


FIG. 5.4. *El movimiento retrógrado de Marte observado en la proximidad de la constelación de Sagitario, 1986.* Datos proporcionados por Jeffrey W. Percival.

mucho del Sol (la elongación máxima es de 23° para Mercurio y 44° para Venus). Como perros atados por una correa, pueden correr por delante del Sol o quedarse atrás, pero nunca pueden estar más distantes de éste que la longitud fija que la correa permite. Finalmente, para apreciar el logro incorporado en el modelo de las dos esferas, debemos entender que todos estos movimientos se producen en la superficie de la esfera celeste mientras dicha esfera realiza su rotación diaria alrededor de la Tierra. El movimiento resultante, observado desde la Tierra fija, será una combinación del movimiento irregular del planeta alrededor de la eclíptica y la rotación diaria uniforme de la esfera celeste. Eso supone captar la desconcertante complejidad de las posiciones planetarias observadas. El modelo de las dos esferas es, pues, un modo geométrico de concebir los fenómenos planetarios y hablar sobre ellos.

Es bueno crear un lenguaje geométrico para hablar sobre el movimiento planetario, y es loable presentar una descripción aproximada del movimiento planetario a lo largo de la eclíptica. Pero debemos aspirar a algo más. Si realmente queremos aportar orden e inteligibilidad a esta «desconcertante complejidad» de los cielos, debemos tomar el intrincado y variable movimiento de cada planeta y reducirlo a alguna combinación de movimientos uniformes. Es decir, debemos asumir que el desorden oculta el orden, que bajo la irregularidad hay regularidad, y que este orden o regularidad subyacente se puede descubrir. Un relato tardío, y posiblemente no fiable, concede a Platón el mérito de sentar esta asunción como un programa de investigación, desafiando a los astrónomos o matemáticos a determinar qué combinación de movimientos circulares uniformes explicaría los aparentes e irregulares movimientos planetarios.[9]

9. Sobre el conocimiento astronómico de Platón, véase Dicks, *Early Greek Astronomy*, cap. 5.

Fuera o no Platón el primero que planteó el problema, está claro que Eudoxo fue el primero que propuso una respuesta a éste. La idea de Eudoxo era ingeniosa, pero fundamentalmente simple. La meta era tratar cada movimiento planetario irregular como un compuesto de una serie de simples movimientos circulares uniformes. Para alcanzar esta meta, Eudoxo asignó a cada planeta un conjunto de esferas concéntricas encajadas, y a cada esfera un componente del complejo movimiento planetario (véase la figura 5.5.). De este modo, la esfera exterior del planeta Marte, por ejemplo, rota uniformemente una vez al día para explicar la salida y puesta diaria de Marte. La segunda esfera en la serie también rota uniformemente alrededor de su eje (inclinado en relación con el eje de la esfera exterior), pero en dirección opuesta, una vez cada 687 días, explicando así el lento movimiento de Marte de oeste hacia este a lo largo de la eclíptica. Y las dos esferas interiores explican los cambios de velocidad y de latitud, así como el movimiento retrógrado. Además, Marte se sitúa en el ecuador de la esfera más interior, participando no sólo del movi-

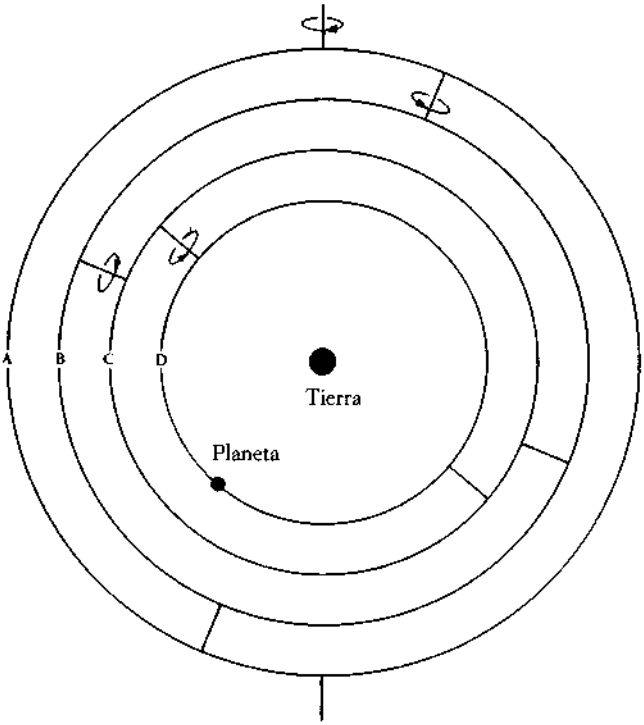


FIG. 5.5. *Las esferas de Eudoxo para uno de los planetas.*

miento propio de esta esfera, sino también del movimiento transmitido hacia abajo de las tres esferas que están por encima. Un sistema similar funciona para Mercurio, Venus, Júpiter y Saturno. El Sol y la Luna, que no tienen movimiento retrógrado, requieren sólo tres esferas cada uno.[10]

LAS ESFERAS INTERIORES DE EUDOXO Y EL MOVIMIENTO RETRÓGRADO

Si, en aras de la simplicidad, tratamos la interacción de las esferas C y D (figura 5.5.) aislándola del resto del sistema, hallamos que asignarles rotaciones iguales y opuestas alrededor de ejes inclinados uno con respecto al otro determina que el planeta (sobre el ecuador de D) se moverá a lo largo de un camino parecido a la hipopeda (grillete de caballo) o figura en ocho. De este modo podemos visualizar el movimiento que resulta de las cuatro esferas de Eudoxo reemplazando C y D por una hipopeda fijada al ecuador de la esfera B (figura 5.6.). La esfera A completa una rotación uniforme una vez al día llevando consigo el eje de B. Mientras tanto, B rota uniformemente alrededor de este eje en el periodo sideral del planeta dado (el tiempo requerido para que el planeta haga un circuito completo de la esfera celeste), llevando la hipopeda a lo largo de la eclíptica. Y todo esto mientras el planeta se mueve a lo largo de la hipopeda en la dirección indicada por las flechas.[11]

De este modo, Eudoxo creó el primer modelo geométrico serio del movimiento planetario. Surgen espontáneamente dos cuestiones. Primero, ¿atribuyó Eudoxo realidad física al modelo? Es decir, ¿concibió las esferas como objetos físicos? La respuesta parece inequívocamente negativa. Todo induce a pensar que las esferas concéntricas de Eudoxo fueron concebidas como puros modelos matemáticos, sin pretensión alguna de representar la realidad física. Hasta donde sabemos, Eudoxo no imaginó que el cosmos constara de esferas físicamente distintas, mecánicamente conectadas una a otra. Más bien se esforzaba, por medio de un modelo geométrico, para identificar los distintos componentes subyacentes del movimiento uniforme, y en dar sentido a los complicados movimientos de los planetas. No estaba investigando la estructura física, sino el orden matemático.

10. *Ibid.*, cap. 6.

11. Otto Neugebauer, «On the "Hippopede" of Eudoxus»; y David Hargreave, «Reconstructing the Planetary Motions on the Eudoxeam System».

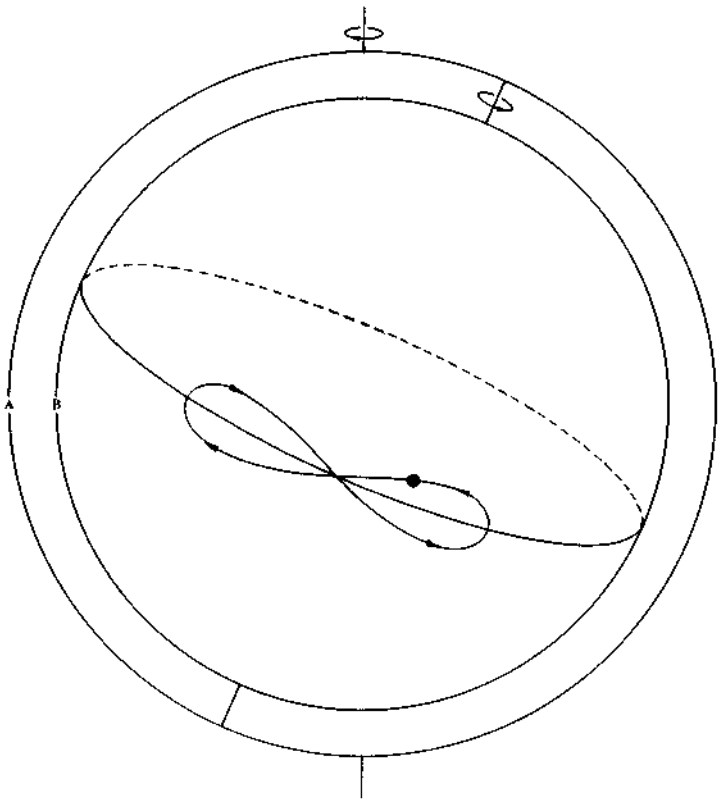


FIG. 5.6. *Las esferas de Eudoxo y la hipopeda.*

Segundo, ¿funciona el modelo? Debido a que no ha sobrevivido ningún tratado de Eudoxo no conocemos los detalles geométricos de su sistema. Sin embargo, pueden comentarse varios puntos. Aunque el modelo de Eudoxo es claramente matemático, es improbable que estuviera diseñado para proporcionar predicciones cuantitativas. En realidad, es muy improbable que la noción de predicción cuantitativa, exacta, haya formado parte de la astronomía griega o de cualquier otra materia científica griega. Nadie aspiraba a algo más que un acuerdo cualitativo aproximado entre la teoría y las observaciones. Si queremos, podemos hablar del potencial del modelo de Eudoxo, presuponiendo que en cada caso fueron elegidos los mejores valores. En estas circunstancias, el sistema (con una o dos excepciones) habría dado resultados que se corresponden de modo cualitativo aproximado, pero sin precisión cuantitativa, con las observaciones astronómicas tal como las conocemos hoy. Dado el estado

mucho más limitado del conocimiento astronómico y los modestos objetivos de la teoría astronómica en el siglo IV, eso era un logro considerable.

Una generación después de Eudoxo, su sistema fue mejorado por Calipo de Cizico (nacido ca. 370), que añadió una cuarta esfera para el Sol y la Luna y una quinta esfera para Mercurio, para Venus y para Marte. La función de las esferas adicionales del Sol y la Luna era tomar en consideración las variaciones de velocidad de estos dos cuerpos planetarios a medida que circulan por la eclíptica; por ejemplo, el hecho de que el tiempo requerido por el Sol para pasar del solsticio de verano al equinoccio de otoño, y del equinoccio de otoño al solsticio de invierno (véase la figura 5.3.) pueda diferir en varios días.[12]

En manos de Aristóteles (384-322) el sistema de las esferas concéntricas experimentó un desarrollo adicional. Aristóteles asumió el modelo de Eudoxo tal como había sido modificado por Calipo, pero con una importante diferencia: mientras que Eudoxo parece haber considerado que sus esferas concéntricas eran meras construcciones geométricas, Aristóteles parece haber pensado que el sistema era físicamente real y, por ello, se veía llevado a pensar seriamente acerca de la transmisión del movimiento de una esfera a la siguiente. Esto le obligó a pensar en las interconexiones entre las esferas y a darse cuenta de que si los siete planetas, cada uno con su conjunto de esferas, estaban encajados concéntricamente, la esfera más interna de un planeta (digamos Saturno) inevitablemente transmitiría su intricado movimiento a la esfera superior del planeta inmediatamente inferior en la serie (Júpiter). Cuando el efecto adicional de las propias esferas de Júpiter fuera tomado en cuenta, la complejidad sería ya intolerable, y, además, entraría en conflicto con los datos observacionales. Aristóteles respondió a este problema insertando un conjunto de esferas neutralizadoras entre la más inferior de las esferas de Saturno y la más exterior de Júpiter, y un conjunto similar de esferas neutralizadoras entre las esferas primarias pertenecientes a cada par de planetas adyacentes. Estas esferas neutralizadoras, una menos en número que las esferas planetarias primarias que están por encima de ellas, estaban destinadas a «antigirar» el sistema, como dice Aristóteles, y restablecer el simple movimiento diurno a la esfera exterior del siguiente planeta en la serie (figura 5.7.). Aristóteles dejó sin contestar muchas cuestiones de detalle. Su análisis del sistema de Eudoxo y sus modificaciones ocupan sólo una o dos páginas de su obra y finalizan admitiendo cierta incertidumbre. Lo importante es que Aristóteles legó a sus

12. Dicks, *Early Greek Astronomy*, cap. 7.

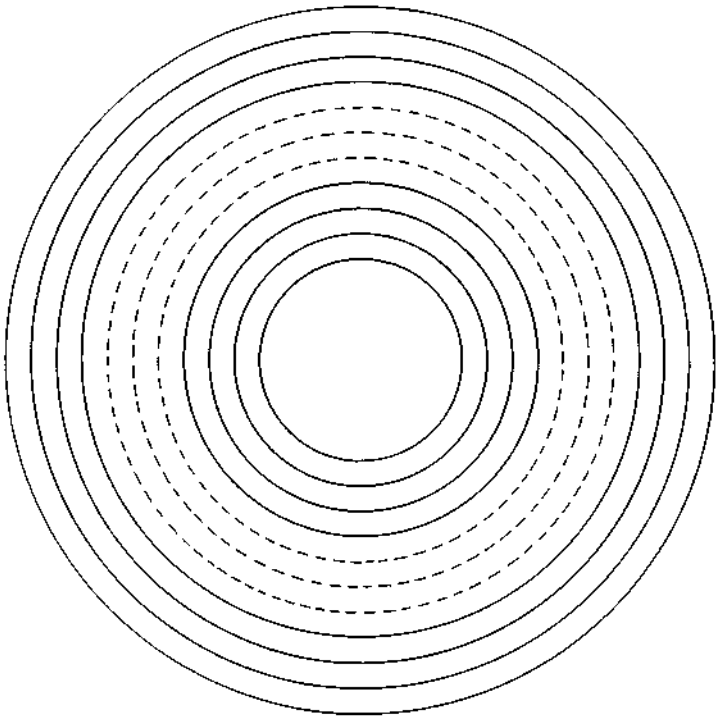


FIG. 5.7. *Esferas encajadas de Aristóteles. La esferas primarias para Saturno y Júpiter (cuatro esferas cada uno) están representadas por las líneas continuas. Entre estos dos conjuntos hay tres esferas de neutralización (líneas discontinuas), que contrarrestan o «antigiran» el movimiento de las cuatro esferas de Saturno, que están encima, para transmitir de este modo un simple movimiento diurno a la esfera más exterior de Júpiter, que está debajo.*

sucesores una maquinaria celestial enormemente complicada, que constaba de 55 esferas planetarias, más la esfera de las estrellas fijas.

También les legó una importante pregunta: ¿en astronomía, dónde radica el punto de equilibrio entre lo matemático y lo físico? ¿Es la astronomía un arte primariamente matemático, como Eudoxo parece haber pensado? ¿O el astrónomo en cuanto tal debe también interesarse por la estructura real de las cosas, como sugiere el esquema astronómico de Aristóteles? Los astrónomos ponderarían esta cuestión durante los siguientes dos mil años.[13]

13. Sobre Aristóteles, véase *ibid.*, cap. 7; G. E. R. Lloyd, *Aristotle*, págs. 147-153.

Desarrollos cosmológicos

En vida de Aristóteles y en el siglo siguiente, hubo varios desarrollos cosmológicos de interés para los astrónomos. Uno fue la propuesta de Heráclides de Ponto (ca. 390-después del 339), un miembro de la Academia en tiempos de Platón y en los de su sucesor, de que la Tierra rota sobre su eje en veinticuatro horas. Esta idea, que fue ampliamente conocida (aunque fue raramente aceptada como verdadera) explica la salida y puesta diaria de todos los cuerpos celestes. A menudo también se ha atribuido a Heráclides la afirmación de que los movimientos de Mercurio y de Venus tenían al Sol como centro, pero la investigación moderna ha mostrado que esta interpretación no tiene fundamento.[14]

Una generación o dos después de Heráclides, Aristarco de Samos (ca. 310-230 a.C.) propuso un sistema heliocéntrico, en el que el Sol está fijo en el centro del cosmos, mientras que la Tierra gira alrededor del Sol como un planeta. Usualmente se supone que Aristarco también atribuyó órbitas centradas en el Sol a los demás planetas, aunque los datos históricos no mencionan este punto. Con toda probabilidad, la idea de Aristarco fue un desarrollo de la cosmología pitagórica, que ya había desplazado la Tierra del centro del universo y la había puesto en movimiento alrededor del «fuego central».[15] Aristarco ha sido alabado por su anticipación de Copérnico, y sus sucesores han sido vilipendiados por no haber adop-

---

Aristóteles trata de las esferas planetarias en la *Metafísica*, XII. 8. Para un análisis más amplio del debate sobre los objetivos de la astronomía, véase el capítulo 11.

14. Heath, *Aristarchus of Samos*. pt. 1, cap. 18; Otto Neugebauer, «On the Allegedly Heliocentric Theory of Venus by Heraclides Ponticus»; G. J. Toomer, «Heraclides Ponticus», *Dictionary of Scientific Biography*, 15, págs. 202-205; y especialmente Bruce Eastwood, «Heraclides and Heliocentrism: An Analisis of the Text and Manuscript Diagrams», un capítulo no publicado (que Eastwood ha puesto generosamente a mi disposición), programado para la publicación en su libro, provisionalmente titulado *Before Copernicus: Planetary Theory and the Circumsolar Idea from Antiquity to the Twelfth Century*. Sobre la continuación de la historia de la idea de un movimiento de Mercurio y Venus centrado en el Sol, véase Eastwood, «Kepler as Historian of Science: Precursors of Copernican Heliocentrism according to *De revolutionibus*, I, 10».

15. Heath, *Aristarchus of Samos*, pt. 2; G. R. E. Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, págs. 53-61. Casi no tenemos detalles sobre la vida de Aristarco. Puesto que la isla de Samos, durante su vida, estaba bajo el gobierno ptolemaico, es posible que llevara a cabo estudios astronómicos y cosmológicos en Alejandría; véanse P. M. Fraser, *Ptolemaic Alexandria*, 1, pág. 397; y William H. Stahl, «Aristarcus of Samos», *Dictionary of Scientific Biography*, 1, pag. 246.

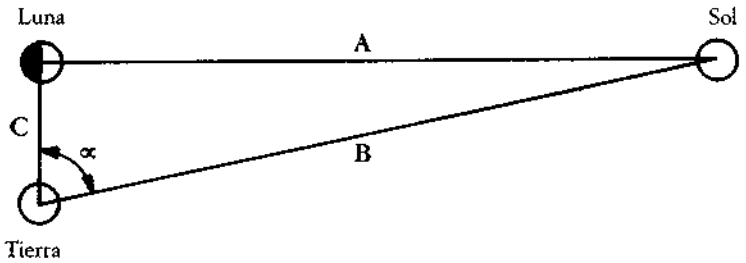


FIG. 5.8. *Método de Aristarco para determinar la proporción entre las distancias solar y lunar desde la Tierra. El ángulo α que separa las dos líneas de visión se mide cuando la Luna está en la cuadratura (se sabe que entonces A y C se cortan en un ángulo recto). A partir de ahí, la proporción entre B y C puede calcularse. Pero el método tiene varios inconvenientes. En primer lugar, el momento exacto en que está iluminada la mitad del disco de la Luna no puede determinarse de modo preciso. En segundo lugar, un pequeño error en la medida del ángulo α (Aristarco le atribuyó 87°, mientras que el valor verdadero es de 89° 52') lleva a un error muy grande en la proporción entre B y C.*

tado su propuesta. Sin embargo, basta un momento de reflexión para darse cuenta de que, si juzgamos a Aristarco por las pruebas del siglo XX, no hacemos justicia a la situación del siglo III a.C. La cuestión no es si *nosotros* tenemos razones convincentes para ser heliocentristas, sino si ellos tenían ese tipo de razones. Y la respuesta, desde luego, es que ellos no las tenían. Poner la Tierra en movimiento y darle un estatus planetario violaba la antigua autoridad, el sentido común, las creencias religiosas y la física aristotélica. También implicaba la paralaje estelar (variaciones en la relación geométrica entre pares de estrellas a medida que el observador se acerca, se aleja, o por diferentes cambios de posición de otro tipo), que no se observaba. Por lo demás, cualesquiera ventajas observacionales que pudiera tener (por ejemplo su capacidad de explicar las variaciones de brillo de los planetas) estaban presentes en otros sistemas que no violaban la cosmología tradicional.

Hubo intentos, a principios del periodo helenístico, de calcular varias constantes cosmológicas. El propio Aristarco comparó la distancia Tierra-Sol con la distancia Tierra-Luna, calculando que la primera era aproximadamente veinte veces la última (la proporción correcta es de 400:1). El método de Aristarco queda ilustrado en la figura 5.8. Hiparco († después de 127 a.C.) calculó valores absolutos de las distancias solar y lunar a partir

de la ausencia de paralaje solar[16] y de los datos sobre los eclipses solares. El supuesto de que la paralaje solar está justo por debajo del umbral de visibilidad le dio un valor para la distancia del Sol de 490 radios terrestres. A partir de los datos de los eclipses, obtuvo para la distancia de la Luna un valor entre 59 y 67 radios terrestres. En cuanto al tamaño de la Tierra, Eratóstenes (fl. 235 a.C.) un geógrafo y matemático que dirigió la biblioteca de Alejandría, había calculado la circunferencia de la Tierra un siglo antes. Su valor de 252.000 estadios (un margen de error de un 20% respecto al valor moderno) llegó a ser ampliamente conocido y nunca se perdió.[17]

Astronomía planetaria helenística

Parece que la astronomía planetaria fue intensamente cultivada en el periodo helenístico, pero conocemos pocos detalles debido a que Claudio Ptolomeo (al final del periodo helenístico) tuvo tal éxito al sintetizar los logros de sus predecesores que los trabajos de éstos dejaron de circular y desaparecieron. Sabemos, porque Ptolomeo nos lo dice, que, en el siglo III a.C., Apolonio de Perga desarrolló un nuevo modelo matemático para el movimiento planetario. Y está claro, de nuevo a partir de comentarios de Ptolomeo y de otros fragmentos conservados, que Hiparco fue uno de los más grandes astrónomos de la antigüedad. Hiparco dejó su huella principalmente en la astronomía observacional, elaborando un nuevo y superior mapa estelar, descubriendo la precesión de los equinoccios, desarrollando un nuevo instrumento de observación astronómica (la dioptra), y criticando la teoría planetaria existente. También sabemos que Hiparco tuvo acceso a los datos de observación babilonios, incluidos los datos sobre los movimientos planetarios y los eclipses lunares. Y, lo que es más importante, a través de su contacto con la astronomía babilonia, Hiparco llegó a valorar el objetivo de la predicción cuantitativa,

16. En general, paralaje (o «paralaje geométrico») es el cambio de posición aparente de un cuerpo celeste contra el fondo estrellado, causado por un cambio de punto de visión por parte del observador. En el presente caso, la ausencia de paralaje solar significa la ausencia de cualquier efecto discernible en la posición del Sol debido a los diferentes puntos de observación sobre la superficie de la Tierra.

17. Heath, *Aristarchus of Samos*, pt. 2, cap. 3; G. J. Toomer, «Hiparchus», *Dictionary of Scientific Biography*, 15, págs. 205-224; D. R. Dicks, «Eratosthenes», *Dictionary of Scientific Biography*, 4, págs. 388-393; Albert Van Helden, *Measuring the Universe*, cap. 2.

exacta. Fue el primero en desarrollar métodos para asignar valores numéricos a los modelos geométricos; y, a través de su influencia, se introdujo la exigencia de adecuación cuantitativa entre la teoría y la observación en la astronomía griega y la transformó radicalmente.[18] Para ver el resultado de esta transformación, debemos pasar al trabajo de Ptolomeo.

Claudio Ptolomeo (fl. 150 d.C.) estaba afiliado al Museo de Alejandría y a su biblioteca asociada. (El nombre de «Ptolomeo» a menudo da lugar a la confusión. No significa descendiente de la antigua dinastía ptolemaica gobernante, sino que probablemente representa un cierto sector geográfico de la ciudad de Alejandría, usado por los ciudadanos como un nombre «tribal». Su importancia para nosotros consiste en que eso significa que Claudio Ptolomeo no era un inmigrante reciente, como lo fueron muchos de los primeros intelectuales alejandrinos, sino que era descendiente de una línea de ciudadanos alejandrinos.) Puede ayudarnos a ponernos en guardia contra la distorsión temporal, visto desde la distancia, recordar que Ptolomeo vivió tres siglos después de Hiparco y quinientos años después de Eudoxo. Eso significa no sólo que era el beneficiario de los avances teóricos hechos durante estos siglos intermedios, sino también que tuvo acceso a siglos de observaciones astronómicas, tanto griegas como babilonias. E incluso los datos observacionales relativamente toscos, que abarquen un periodo de tiempo suficientemente largo, pueden permitir alcanzar conclusiones teóricas de destacable precisión. Por ejemplo, usando datos disponibles en el siglo II a.C., Hiparco fue capaz de calcular la longitud media del mes lunar con un margen de error de un segundo respecto al valor moderno.[19]

Resultaría sorprendente que la sofisticación de la matemática helenística no se hubiera reflejado en la astronomía matemática de la época. Faltando poco para el final de este mundo helenístico, Ptolomeo llevó la astronomía planetaria a un nivel de potencia matemática que Eudoxo, quinientos años antes, no podía haber imaginado. Los modelos de Ptolomeo tienen los mismos objetivos que los de Eudoxo: descubrir alguna

18. Otto Neugebauer, «Apollonius' Planetary Theory»; Toomer, «Hiparchus». Sobre la astronomía helenística más en general, véase Otto Neugebauer, *Ancient Mathematical Astronomy*, 2, págs. 779-1058.

19. Para una introducción a Ptolomeo, véase Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, cap. 8; Crowe, *Theories of the World*, caps. 3-4. Para un análisis más técnico, véanse G. J. Toomer, «Ptolemy», *Dictionary of Scientific Biography*, 11, págs. 186-206; Neugebauer, *Ancient Mathematical Astronomy*, 1, págs. 21-343; y Olaf Pedersen, *A Survey of the Almagest*; Ptolomeo, *Almagest*, trad. de G. J. Toomer.

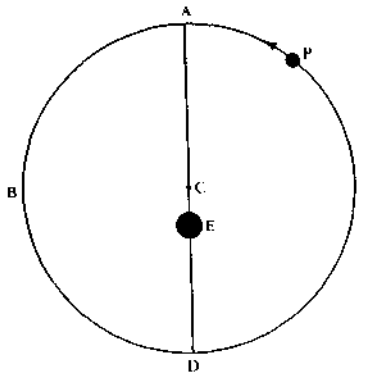


FIG. 5.9. *El modelo de la excéntrica de Ptolomeo.*

combinación de movimientos circulares uniformes que explicarían las posiciones observadas (esto es, las variaciones aparentes en la velocidad y dirección) de los planetas. Además, los modelos de Ptolomeo eran capaces de hacer precisos pronósticos cuantitativos de las futuras posiciones planetarias. Sin embargo, las técnicas matemáticas que empleó fueron enormemente diferentes.

En primer lugar, en vez de utilizar esferas, Ptolomeo usó círculos. Veamos cómo el movimiento uniforme en un círculo puede emplearse para dar la apariencia de no uniformidad. Sea el círculo ABD (figura 5.9.) la órbita del planeta, y concedamos que el planeta, P, gire uniformemente sobre ella. Si el movimiento de P es uniforme, el planeta barrerá ángulos iguales en torno al centro, C, en tiempos iguales. Ahora bien, si el centro de rotación uniforme, C, se corresponde con el punto de visión —es decir, si la Tierra está situada en C— entonces el movimiento de P no sólo *será* uniforme, sino que *parecerá* uniforme. Sin embargo, si el centro de rotación uniforme y el punto de observación no coinciden —si la Tierra, por ejemplo, está situada en E— entonces el movimiento del planeta parecerá no uniforme y más lento a medida que se acerca a A, y más rápido a medida que se acerca a D. Éste es el modelo excéntrico.

El modelo excéntrico es suficiente para tratar casos simples de movimiento no uniforme, como el del Sol alrededor de la eclíptica y la desigualdad resultante de las estaciones. Para casos más complicados, Ptolomeo consideró necesario introducir el modelo de epiciclo sobre deferente (figura 5.10.). Sea ABD un círculo deferente (o portador), y tracemos un pequeño círculo (un epiciclo) con su centro sobre el deferente. El planeta P se mueve uniformemente sobre el epiciclo; mientras tanto el centro del epiciclo se mueve uniformemente sobre el círculo deferente. El ob-

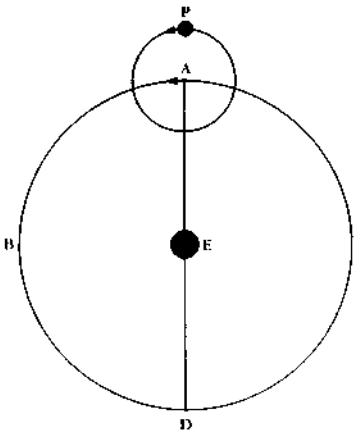


FIG. 5.10. *Modelo de epiciclo sobre deferente de Ptolomeo.*

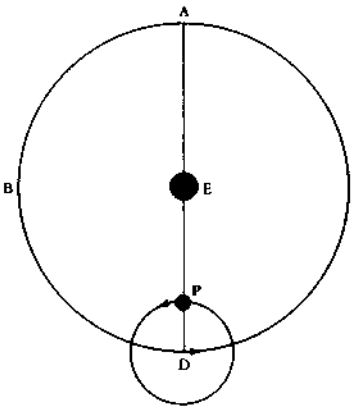


FIG. 5.11. *Modelo de epiciclo sobre deferente, con el planeta en la parte interna del epiciclo.*

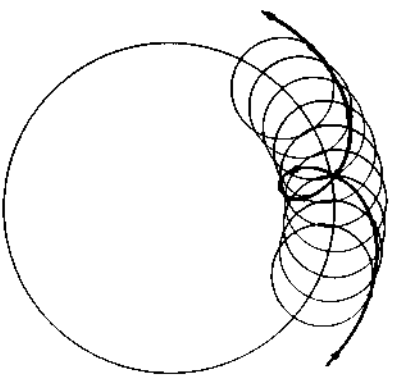


FIG. 5.12. *Movimiento retrógrado de un planeta explicado sobre un modelo de epiciclo y deferente. Mientras el epiciclo se mueve en sentido antihorario sobre el deferente, el planeta se mueve en sentido antihorario sobre el epiciclo. La trayectoria real del planeta está representada por la línea más gruesa.*

servador situado en E ve la composición de los dos movimientos uniformes. Las características precisas de este movimiento compuesto dependerán de los valores concretos elegidos —los tamaños relativos de los dos círculos y las velocidades y direcciones del movimiento—, pero está claro que el modelo tiene un potencial considerable. Cuando P está en el exterior del epiciclo, como en la figura 5.10., el movimiento aparente del planeta (tal como es visto desde la Tierra) será la suma de su movimiento sobre el epiciclo y del movimiento del epiciclo sobre el deferente, y en este punto el planeta tiene su máximo de velocidad aparente. Cuando P está en el interior del epiciclo, como en la figura 5.11., su movimiento sobre el

epiciclo y el movimiento del epiciclo sobre el deferente son opuestos (tal como se ven desde la Tierra), y el movimiento aparente del planeta está determinado por su diferencia; si el movimiento de P fuera el mayor de los dos, el planeta parecería retroceder sobre sus pasos y sufrir un periodo de movimiento retrógrado. Este movimiento queda ilustrado en la figura 5.12.

Ambos modelos están firmemente basados en la exigencia de que los movimientos planetarios reales —es decir, los movimientos componentes— sean uniformes y circulares. Los astrónomos griegos han sido frecuentemente criticados por su compromiso «dogmático» con el movimiento circular uniforme, sobre la base de que las asunciones a priori (de ésta o de cualquier otra clase) no están justificadas, o al menos son impropias de un científico. ¿Está justificada esta crítica? La verdad es que el científico, antiguo o moderno, empieza *toda* investigación con fuertes compromisos respecto a la naturaleza del universo y con ideas muy claras sobre qué modelos pueden emplearse legítimamente para representarlo. En el caso de Ptolomeo, la exigencia de movimiento circular uniforme estaba justificada sobre todo por la naturaleza de la investigación; su objetivo no era simplemente explicar los datos de observación relevantes, para describir los movimientos planetarios en toda su complejidad, sino reducir los complejos movimientos planetarios a sus más simples componentes, descubrir el orden real subyacente al desorden aparente. Y el movimiento más simple, que representa el mayor orden, es, desde luego, el movimiento circular uniforme.

Pero hay muchas otras consideraciones que habrían reforzado la restricción a modelos basados en movimiento uniforme en un círculo. Estaba la fuerza del sentido común y la sanción de la tradición, pues la naturaleza cíclica, repetitiva, de los fenómenos celestes siempre había sugerido que los movimientos celestes deben ser fundamentalmente uniformes y circulares. Además, sin el movimiento circular uniforme, la predicción cuantitativa habría sido imposible, pues los métodos «trigonométricos» de que disponía Ptolomeo no eran aplicables a ninguna otra clase de movimiento. Además, existían consideraciones estéticas, filosóficas y religiosas: el carácter especial de los cielos exigía los movimientos y figuras más perfectos para los cuerpos celestes. Finalmente, es instructivo observar que cuando Copérnico rompió con Ptolomeo 1.400 años más tarde, no fue porque se quejara del compromiso con la circularidad uniforme, sino (en parte) porque consideró que Ptolomeo no había sido fiel a dicho compromiso.

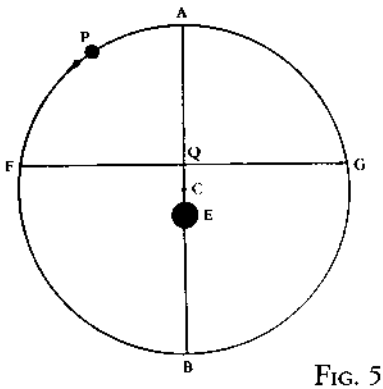


FIG. 5.13. *Modelo del ecuante de Ptolomeo.*

En todo caso, los modelos de la excéntrica y del epiciclo sobre deferente, basados en el movimiento circular uniforme, fueron extremadamente potentes. Pero tenían sus límites, y su incapacidad para explicar ciertos movimientos planetarios todavía exigió la creación de otro modelo, que iba a ser conocido como el modelo del ecuante. Sea AFB (figura 5.13.) un círculo excéntrico, con centro en C; y sitúese la Tierra en E. Pues bien, a medida que el planeta se mueve sobre el círculo, en lugar de insistir en que en tiempos iguales barre ángulos iguales, medidos desde el centro (la definición usual de movimiento uniforme), Ptolomeo permitió que se moviera de tal modo que barriera ángulos iguales en tiempos iguales, medidos desde el punto ecuante, un punto no central situado en Q (elegido de modo que QC sea igual a CE). Cuando el planeta se mueve a lo largo del arco AF, barre el ángulo recto AQF. Supongamos, por ejemplo, que el planeta recorre este ángulo y arco en tres años; en este caso, en los siguientes tres años, el planeta debe barrer otro ángulo recto, FBQ, y por tanto debe moverse por su correspondiente arco, FB. En tres años más, el planeta se mueve desde B a G, a través del ángulo recto BQG, etc. Si comparamos los arcos atravesados, está claro que el planeta tiene una velocidad lineal mayor en FB que en AF; el planeta aumenta gradualmente la velocidad a medida que se mueve desde A hasta B. Viendo este movimiento variable desde E, en el otro lado del centro desde el punto ecuante, sólo se exagerará la variabilidad aparente. Nótese, además, que en el modelo del ecuante, Ptolomeo mantiene la uniformidad del movimiento angular —aunque no alrededor del centro— mientras que abandona definitivamente la uniformidad del movimiento lineal sobre la circunferencia. Si esta versión desleída de la uniformidad era suficiente, es una cuestión que Copérnico planteó en el siglo XVI; en-

tre tanto, capacitó a Ptolomeo para completar el desarrollo de modelos planetarios satisfactorios. El éxito predictivo se impuso a cualesquiera consideraciones que pudieran haber impuesto la versión más fuerte de la uniformidad.

Estos tres modelos —círculo excéntrico, epiciclo sobre deferente y ecuante— resultaron modos efectivos de emplear el movimiento circular uniforme (independientemente de que esa uniformidad se tomara en sentido más o menos estricto) para explicar la irregularidad aparente apreciada en los cielos. Pero esos modelos alcanzaron su máxima potencia al combinarse. El círculo excéntrico y el epiciclo sobre deferente pueden combinarse fácilmente definiendo un deferente que fuera excéntrico respecto a la Tierra. Podía añadirse un ecuante, de modo que el centro del epiciclo barriera ángulos iguales en tiempos iguales medidos desde un punto no central. Incluso era posible tomar el centro del círculo excéntrico y moverlo en un pequeño círculo alrededor de la Tierra, algo que Ptolomeo tuvo que hacer para conseguir que su modelo lunar funcionara.[20] El modelo más típico para un planeta (aplicable a Venus, Marte, Júpiter y Saturno) es el que ilustra la figura 5.14., donde ABD es un deferente excéntrico, con centro en C; la Tierra está en E y el punto ecuante en Q. El planeta se mueve uniformemente sobre el epiciclo; el centro del epiciclo se mueve uniformemente (medido por el ángulo barrido) alrededor del punto ecuante, Q; y el movimiento resultante es visto desde la Tierra, E. Modelos como éste, desarrollados con las variaciones adecuadas para los demás planetas, resultaron extraordinariamente exitosos en la predicción de las posiciones planetarias observadas. En realidad fue precisamente la magnitud de su éxito lo que les dio tal longevidad e hizo que resultaran muy difíciles de desplazar.

Puede parecer que Ptolomeo se dedicaba a un ejercicio puramente matemático. Tituló el tratado en el que presentaba estos modelos matemáticos *Sintaxis matemática* (o *Sistema matemático*). Además, en el prefacio a este tratado anunció que la especulación acerca de la causalidad divina del movimiento celeste o acerca de la naturaleza material de las cosas lleva únicamente a «conjeturas» y que, si el objetivo es alcanzar la certeza, el único modo de conseguirlo es el matemático. Y en distintos puntos de su trabajo afirmó que los modelos astronómicos deberían elegirse sobre la base de la simplicidad matemática, aparentemente sin preocuparse por la plausibilidad física.

20. Toomer, «Ptolemy», págs. 192-194.

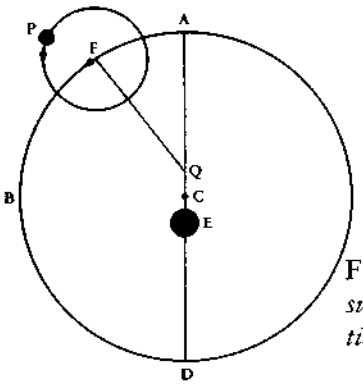


FIG. 5.14. *Modelo de Ptolomeo para los planetas superiores. La línea QF barre ángulos iguales en tiempos iguales alrededor del punto ecuante Q.*

No obstante, si miramos atentamente vemos que, de hecho, las consideraciones no matemáticas tienen un papel en el análisis. Ptolomeo presentó argumentos físicos para la centralidad y posición fija de la Tierra, lo cual para él no era meramente una hipótesis matemática, sino una importante creencia física. Hizo afirmaciones acerca de la naturaleza de los cielos, afirmando que, a diferencia de la sustancia terrestre, éstos no ofrecían resistencia al movimiento. Y, en otro tratado, *Las hipótesis de los planetas*, trató de construir una versión materializada de sus modelos matemáticos.[21] Así pues, aunque Ptolomeo trabajó desde un enfoque matemático, su análisis matemático no excluyó intereses físicos, pero funcionó en el marco de la filosofía natural tradicional.

A pesar de todo su interés en la física del cosmos, la *balanza* del trabajo astronómico de Ptolomeo se inclinaba hacia el análisis matemático. Y su influencia en la Edad Media y en el Renacimiento fue en cuanto matemático de los cielos, dedicado a «salvar las apariencias». En realidad, Aristóteles y Ptolomeo llegaron a simbolizar los dos polos del trabajo astronómico, el primero dedicado especialmente a cuestiones de la estructura física, el último un consumado constructor de modelos matemáticos.

21. Bernard R. Goldstein, *The Arabic Version of Ptolemy's «Planetary Hypotheses»*; G. E. R. Lloyd, «Saving the Appearances». Véase también más adelante, cap. 11, págs. 336-338.

La ciencia de la óptica

La ciencia de la óptica fue una segunda materia a la que las matemáticas fueron aplicadas con éxito en la antigüedad. La óptica incluye el estudio de la luz y de la visión, que han sido objetos de investigación y especulación desde los primeros tiempos. La visión ha sido casi universalmente considerada como el sentido a través del cual aprendemos más acerca del mundo en el que vivimos; y una de las entidades más importantes y gratas en este mundo resulta ser la luz, que no sólo es el instrumento de la visión sino que también está conectada, en forma de luz solar, con el calor y la vida.

Cualquier filosofía de la naturaleza debidamente desarrollada debe tratar el tema de la visión. Los atomistas atribuían la vista a la recepción en el ojo de una fina película de átomos (un *simulacrum*) que salía de la superficie de los objetos visibles. Según Platón (en el *Timeo*), el fuego sale del ojo del observador y se funde con la luz del Sol para formar un medio, que se extiende desde el objeto visible hasta el observador, a través del cual los «movimientos» que se originan en el objeto visible pasan al ojo y en última instancia al alma. Y Aristóteles afirmó que un medio potencialmente transparente es llevado a un estado de trasparencia actual cuando es iluminado por un cuerpo luminoso, como por ejemplo el Sol. La luz es simplemente este estado del medio. Después, los cuerpos coloreados en contacto con este medio actualmente transparente producen cambios adicionales en el medio, cambios que se transmiten al ojo del observador y dan como resultado la percepción visual de dichos cuerpos.[22]

Veamos primero una tentativa en la teoría matemática de la visión en la generación posterior a Aristóteles. Euclides (fl. 300) escribió un libro titulado *Óptica*, en el que definió el acto de la visión y desarrolló una teoría de la perspectiva visual. Afirmó que del ojo del observador salen rayos rectilíneos en forma de cono, con su vértice en el ojo y su base en el objeto visible. Se ven las cosas sobre las que van a parar los rayos. Habiendo definido el cono visual, Euclides empleó esta entidad geométrica para desarrollar una teoría de la perspectiva. Uno de los postulados de la *Óptica* afirma que el tamaño aparente de un objeto observado está en función del ángulo bajo el que se percibe. Otro mantiene que la ubicación de un objeto observado depende de la ubicación en el cono visual del rayo por el que es observado (las cosas observadas por los rayos más elevados den-

22. Sobre las antiguas teorías de la visión, véase David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, cap. 1.

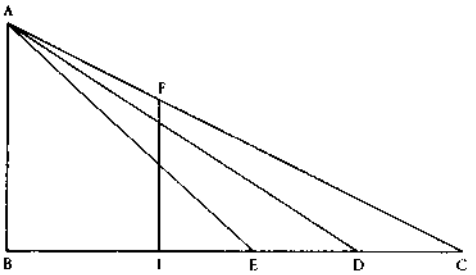


FIG. 5.15. *La geometría de la visión según Euclides. A es el ojo del observador, y AEC el cono visual que emana del ojo. C, el más distante de los puntos observados, se ve por el rayo AC, que ocupa una posición más elevada en el cono visual (nótese dónde pasa por el plano de intersección FI) que la del rayo AD, por el que se observa el punto D.*

tro del cono parecen más elevadas al observador). Las proposiciones del libro continúan analizando la apariencia de un objeto como una función de su relación espacial con el observador. Por ejemplo, la figura 5.15 muestra cómo un objeto más distante intercepta un rayo más alto del cono visual y por tanto aparece más elevado. Se trata de un interesante y excelente análisis matemático, y sería muy influyente. Pero no debería impresionarnos meramente el aspecto matemático. También deberíamos notar que la teoría omite muchos aspectos del proceso de la visión que personas como Aristóteles consideraban de importancia fundamental, a saber, el medio, la conexión física entre el objeto y el ojo, y el acto de percepción. En resumen, si deseáramos autolimitarnos a aquello que puede ser abordado geométricamente, la teoría de Euclides era un logro brillante. Si estuviéramos interesados en cualquiera de los aspectos no geométricos de la visión, la teoría de Euclides sería casi inútil.[23]

El texto helenístico más importante sobre geometría óptica fue elaborado 450 años después de Euclides, por Ptolomeo, mejor conocido como astrónomo, desde luego, pero también autor de uno de los más importantes trabajos sobre óptica escritos antes de Newton. La *Óptica* de Ptolomeo sobrevivió sólo en una versión incompleta, pero es suficiente para poner de manifiesto la naturaleza de su logro.[24]

23. Sobre el enfoque geométrico de la visión, véase especialmente A. Mark Smith, «Saving the Appearances of Appearances»; también Albert Lejeune, *Euclide et Ptolomée*; y Lindberg, *Theories of Vision*, págs. 11-17.

24. Sobre Ptolomeo, véase Albert Lejeune, *Recherches sur la catoptrique greque*; Lejeune, *Euclide et Ptolomée*; A. Mark Smith, «Ptolemy's Search for a Law of Refraction».

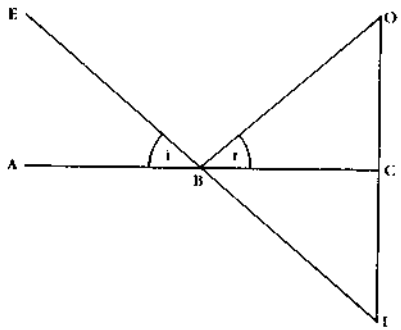


FIG. 5.16. *Visión por rayos reflejados según Ptolomeo.*

Ptolomeo no siguió el magro enfoque geométrico que hizo Euclides de la óptica. Por el contrario, intentó crear una teoría comprensiva que combinara la teoría geométrica de la visión de Euclides con un análisis completo de los aspectos físicos y psicológicos del proceso visual. De modo que Ptolomeo presentó la teoría del cono visual (aplicada tanto a la visión binocular como a la monocular) pero la incorporó a un análisis de la radiación emanante del ojo y su interacción con los objetos visibles. No obstante, los aspectos físicos de la teoría de Ptolomeo no restaban mérito a su logro geométrico, y las partes geométricas de su texto resultaron de la mayor importancia para enseñar cómo pensar geométricamente acerca de la visión y la luz.

Quizás los aspectos más impresionantes de la *Óptica* de Ptolomeo desde un punto de vista geométrico fueran sus teorías de la reflexión y de la refracción. Otros, incluidos Euclides y Herón, ya habían escrito sobre los espejos, y Ptolomeo construyó sobre sus logros. Ofreció una explicación comprensiva de la reflexión, que podemos explicar mejor refiriéndonos a la figura 5.16. Sea ABC el plano de una superficie reflectoria, O un punto observado, y E el ojo. Ptolomeo afirmó, primero, que el rayo incidente EB (recuérdese que los rayos viajan *desde* el ojo del observador *al* punto observado) y el rayo reflejado BO definen un plano que es perpendicular al plano del espejo; segundo, que el ángulo de incidencia, *i*, es igual al ángulo de reflexión, *r*; y, tercero, que la imagen de O está localizada en I, donde la prolongación del rayo que sale del ojo interseca la perpendicular que cae desde el punto observado a la superficie reflectora. (En efecto, el observador no «sabe» que su rayo visual ha sido doblado por la reflexión en

Para una traducción francesa de la *Óptica* de Ptolomeo, véase *L'Optique de Claude Ptolomée*, comp. y trad. de Albert Lejeune.

el espejo y por tanto juzga que el objeto está en la prolongación rectilínea de dicho rayo.) Ptolomeo aplicó reglas similares a la reflexión desde espejos esféricos y cilíndricos, cóncavos y convexos. Desarrolló un impresionante conjunto de teoremas que tratan de la ubicación, tamaño y forma de imágenes producidas por reflexión. Es interesante e importante que diseñara experimentos con los que probar su teoría.

Mientras que la teoría de la reflexión de Ptolomeo estaba basada en el trabajo de Euclides o de Herón, su teoría de la refracción abría un terreno nuevo. Los fenómenos básicos de la refracción —la ilusión del palo «doblado», medio sumergido en el agua, por ejemplo— se conocían desde hacía tiempo. Pero Ptolomeo dio a la refracción un tratamiento matemático riguroso, emparejado con la investigación experimental. Si un rayo pasa oblicuamente de un medio transparente a otro —siendo los dos medios de diferentes densidades ópticas— se dobla en la superficie de contacto de tal modo que queda más próximo a la perpendicular en el medio más denso. Así, en la figura 5.17, si ABC es el plano de contacto entre el aire situado encima y el agua situada debajo, DBF una perpendicular al plano de contacto, E el ojo del observador, y O el punto observado, el ángulo de incidencia, EBD, es siempre mayor que el ángulo de refracción, OBF. Y la imagen de O estará situada en *i*, donde la prolongación rectilínea del rayo incidente EB interseca con la perpendicular OG, trazada desde el punto observado a la superficie de refracción.

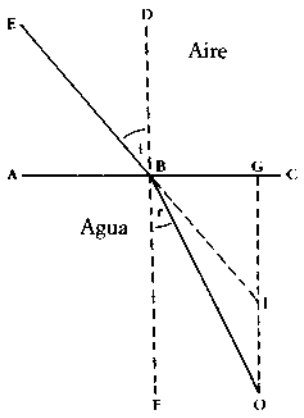


FIG. 5.17. *Teoría de la refracción de Ptolomeo.*

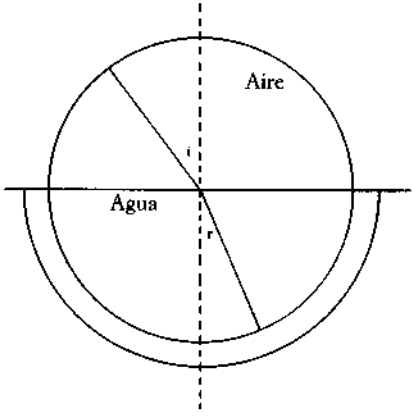


FIG. 5.18. *Instrumento de Ptolomeo para medir ángulos de incidencia y refracción.*

¿Existe alguna proporción matemática fija entre los ángulos de incidencia y de refracción? Ptolomeo pensaba que debía haberla y llevó a cabo una ingeniosa investigación experimental para hallarla. Usó un disco de bronce, en cuya circunferencia estaban indicados los grados, para medir los ángulos de incidencia y los correspondientes ángulos de refracción en tres pares distintos de medios (aire y agua, aire y cristal, agua y cristal). (Véase la figura 5.18.) No descubrió la proporción deseada, y ciertamente no descubrió la moderna ley del seno, pero halló un esquema matemático en los datos, o quizás eligió o ajustó los datos para hacerlos conformar a un esquema matemático razonable.[25] También legó a las generaciones futuras una rigurosa compresión de los principios básicos de la refracción, un ejemplo claro y convincente de investigación experimental y un importante cuerpo de datos cuantitativos.

La ciencia de los pesos

La ciencia de los pesos, o de la balanza, fue un tercer tema que cedió al análisis matemático durante el periodo helenístico. En realidad, lo hizo de un modo mucho más completo que los otros dos. En astronomía y en óptica, el nivel de matematización fue impresionante, pero en ambas materias seguía habiendo importantes cuestiones físicas para las que no podía hallarse respuesta matemática. En la ciencia del brazo de la balanza, por el contrario, la física parecía casi completamente reducible a lo matemático.[26]

El problema central era explicar la conducta del brazo de la balanza, o palanca, el hecho de que el brazo esté en equilibrio cuando los pesos suspendidos de sus extremos son inversamente proporcionales a sus distancias (sólo cuenta la distancia horizontal) al punto de soporte o rotación. Así, un peso de 10 (figura 5.19.) en un extremo del brazo equilibra-

25. Por ejemplo, Ptolomeo construyó la siguiente tabla, comparando los ángulos de incidencia con los correspondientes ángulos de refracción de la luz (o rayos visuales) que pasaban del aire al agua:

Ángulo de incidencia:	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Ángulo de refracción:	8°	$15\frac{1}{2}°$	$22\frac{1}{2}°$	29°	35°	$40\frac{1}{2}°$	$45\frac{1}{2}°$	50°

Nótese que las diferencias entre los sucesivos ángulos de refracción proceden de una serie aritmética: $7\frac{1}{2}$, 7, $6\frac{1}{2}$, 6, $5\frac{1}{2}$, 5, $4\frac{1}{2}$. Para un análisis de estos resultados, véanse Lejeune, *Recherches*, págs. 152-166; y Smith, «Ptolemy's Search for a Law of Refraction».

26. Véase Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, cap. 1.

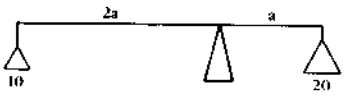


FIG. 5.19. *El brazo de la balanza en estado de equilibrio.*

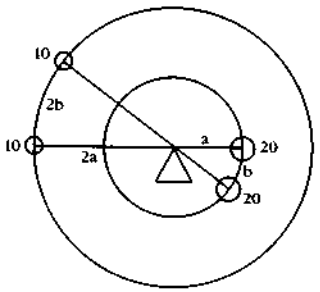


FIG. 5.20. *Explicación dinámica del brazo de la balanza.*

rá un peso de 20 en el otro extremo si el primero está dos veces más lejos del fulcro que el último. Una de las primeras explicaciones que han sobrevivido se halla en el libro *Problemas mecánicos*, atribuido a Aristóteles, aunque en realidad es un producto posterior de la escuela peripatética. Allí encontramos una explicación «dinámica» de este fenómeno estático: el autor explica que si un brazo equilibrado fuera puesto en movimiento, las velocidades de los pesos en movimiento serían inversamente proporcionales a la magnitud de dichos pesos. En la figura 5.20, en el tiempo requerido para que un peso de 20 se mueva la distancia *b*, el peso de 10 se moverá una distancia de 2*b*. La noción explicativa que opera aquí es que la mayor velocidad de un cuerpo en movimiento compensa exactamente el mayor peso del otro.

Una prueba «estática» de la ley de la palanca se dio en un tratado atribuido a Euclides, y de modo mucho más elegante por parte de Arquímedes en su *Sobre el equilibrio de los planos*. Arquímedes consiguió reducir el problema a términos geométricos. Si exceptuamos la afirmación de que los pesos efectivamente pesan, las consideraciones físicas no aparecen por ninguna parte. El brazo de la balanza se convierte en una línea ingrávida; se ignora la fricción; los pesos se aplican en un sólo punto del brazo y actúan en dirección perpendicular a éste. Además, la demostración basada en estos supuestos tiene forma euclídea. Dos premisas proporcionan la base para la prueba: que pesos iguales a iguales distancias del fulcro (y en lados opuestos de éste) están en equilibrio; y que pesos iguales situados en cualquier punto del brazo de una palanca pueden ser reemplazados por un peso doble en un punto a medio camino entre ambos (esto es, en su centro de gravedad). Ambas premisas se establecen apelando a la simetría geométrica y a la intuición. En su forma más sim-

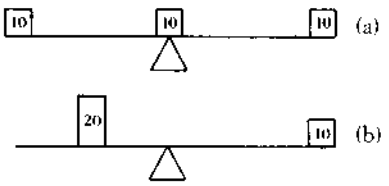


FIG. 5.21. *Prueba estática de Arquímedes de la ley de la palanca.*

ple, la prueba afirma que el brazo en la figura 5.21.a., al sostener tres pesos idénticos de magnitud 10, está en equilibrio por el principio de simetría. Sin embargo, hemos aceptado que dos de los pesos pueden ser reemplazados por un peso de 20 colocado a medio camino entre ellos, como en la figura 5.21.b. Se sigue que un peso de 20 está en equilibrio con un peso de 10 cuando el primero está la mitad de lejos del fulcro que el último; este resultado puede ser fácilmente generalizado para llegar a la ley de la palanca.

Sobre el equilibrio de los planos de Arquímedes contiene mucho más que eso, y hay otras obras suyas, como *Sobre los cuerpos flotantes*, también dedicadas a la solución de problemas mecánicos. Pero este examen de su prueba de la ley de la palanca revela la minuciosidad y la extraordinaria pericia con la que geometrizó la naturaleza. Muchos problemas científicos continuaron resistiéndose a la solución mediante métodos matemáticos, pero Arquímedes permaneció como un símbolo del poder del análisis matemático y fuente de inspiración para aquellos que creían que las matemáticas eran capaces de triunfos cada vez mayores. Sus obras tuvieron una influencia limitada durante la Edad Media, pero en el Renacimiento se convirtieron en la base de una poderosa tradición de la ciencia matemática.[27]

27. Para un análisis del trabajo de Arquímedes, véanse las fuentes citadas anteriormente, nota 6.

Capítulo 6

La medicina griega y romana

La medicina griega inicial

Los datos sobre la medicina griega tienen lagunas, y siempre quedarán dudas respecto a muchos de los puntos concretos de las prácticas curativas griegas. Sólo tenemos fuentes literarias para el periodo anterior al siglo v. Después tenemos varios cuerpos de escritos que son explícitamente médicos, pero con severas restricciones temporales, que nos informan sobre la teoría y la práctica médicas en los periodos clásico y helenístico. Obviamente, estos tratados médicos expresan los puntos de vista y opiniones de los médicos cultos, muchos de los cuales estaban interesados en cuestiones teóricas, tales como la conexión entre la medicina y la filosofía. Pero en varios puntos también proporcionan reveladores indicios del vasto sustrato de la creencia y práctica médica popular que pudo haber utilizado la mayoría de la población. En la exposición que sigue, intentaremos mantener en el foco ambos extremos del espectro de la curación.

Se puede dar por sentado que tradiciones curativas sustancialmente similares a las que hemos visto en Egipto y Mesopotamia (capítulo 1) tenían que encontrarse en la civilización griega contemporánea, esto es, en la cultura de la Edad de Bronce del periodo 3000-1000 a.C. Es indudable que esos primeros griegos tenían contacto con sus vecinos del Oriente Próximo, y tenemos datos concretos de la influencia de las creencias y prácticas médicas egipcias. Así pues, debió existir una amplia variedad de prácticas curativas, que iban desde la cirugía básica y el uso de medicinas internas a los encantamientos religiosos y el sueño curativo. Y profesionales de la curación de distinta cualificación deben haber trabajado

en muchos niveles, para distintas clientelas, utilizando todo el registro de remedios y técnicas médicas disponibles.[1]

A partir de los antiguos poetas griegos, Homero y Hesíodo, podemos recoger información incidental sobre la naturaleza de la práctica médica hacia finales de este periodo. En la *Ilíada* y en la *Odisea* de Homero, los dioses están implicados como causas de la peste, y pueden ser invocados de cara a la curación. También Hesíodo considera que la enfermedad es de origen divino.[2] Homero menciona encantamientos curativos y remedios farmacéuticos, incluido alguno de origen egipcio. Describe distintas heridas y, en algunos casos, su tratamiento. Y deja claro que los sanadores se consideraban miembros de un oficio o profesión diferenciada, profesionales en el sentido de que tenían artes especiales, cuyo ejercicio era una ocupación a tiempo completo.

El aspecto religioso de la curación se manifiesta más claramente en el culto a Asclepio, el dios de la curación. Asclepio, ya mencionado por Homero como un gran médico, fue posteriormente deificado y, en los siglos IV y III, se convirtió en el foco de un culto curativo popular. Los templos a Asclepio se construyeron en muchos lugares —han sido identificados a cientos— y en ellos solían congregarse los enfermos para las curaciones. Para el proceso terapéutico era central la visión o sueño curativo, que se suponía que ocurría mientras el suplicante dormía en una habitación especial. La curación podía producirse durante el sueño, o el consejo recibido durante el sueño podía llevar a la subsiguiente curación. Además, el visitante al templo de Asclepio podía contar con bañarse, ofrecer plegarias y sacrificios, y recibir purgas, restricciones de dieta e instrucciones respecto al ejercicio y al entretenimiento. Y, desde luego, era necesario dar las gracias a los dioses con una ofrenda adecuada. En Epidauro, el

1. Sobre la medicina griega «primitiva», véase Fridolf Kudlien, «Early Greek Primitive Medicine». Sobre las variedades de profesionales de la medicina, véanse Owsei Temkin, «Greek Medicine as Science and Craft»; Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, págs. 37-49. Sobre la medicina griega y romana en general, véase la útil bibliografía de estudios recientes de John Scarborough, «Classical Antiquity: Medicine and Allied Sciences, An Update».

2. Ludwig Edelstein, «The Distinctive Hellenism of Greek Medicine», reimpreso en Edelstein, *Ancient Medicine*, Owsei Tempkin y C. Lilian Temkin (comp.), págs. 367-397; para las actitudes de Homero y Hesíodo, véanse págs. 376-378. También James Longrigg, «Presocratic Philosophy and Hippocratic Medicine». Sobre magia y religión en la medicina griega, véanse Ludwig Edelstein, «Greek Medicine and Its Relations to Religion and Magic»; G. E. R. Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, cap. 1; y Lloyd, *The Revolutions of Wisdom*, cap. 1.

FIG. 6.1. *Relieve de Asclepio, el dios de la curación.* Museo Arqueológico Nacional, Atenas. Alinari/Art Resource N. Y.

centro de culto, se han hallado algunas tablillas que dan fe de curas que se supone que tuvieron lugar allí. Según una de ellas, un tal Anticrates de Cnido, que había sido cegado por una lanza, fue a Epidauro en busca de curación. «Mientras dormía tuvo una visión. Le pareció que el dios tiraba del proyectil y después adaptaba de nuevo sus párpados a las llamadas pupilas. Cuando amaneció se levantó sano.»[3] Prácticas religiosas como

3. Emma J. Edelstein y Ludwig Edelstein, *Asclepius: A Collection and Interpretation of the Testimonies*, 1, pág. 235.

ésta siguieron siendo una parte muy importante de la antigua medicina en todo el periodo romano.

La medicina hipocrática

En los siglos v y iv, una tradición médica nueva, más secular y más culta, se desarrolló junto con las prácticas curativas tradicionales, una tradición médica influida por los desarrollos contemporáneos en filosofía y asociada al nombre de Hipócrates de Cos (ca. 460-ca. 370 a.C.) No se sabe si alguno de los textos (entre sesenta y setenta) hoy llamados «escritos hipocráticos» o «corpus hipocrático» fue escrito, realmente, por Hipócrates. Sólo podemos afirmar que son un cuerpo de escritos médicos de filiación bastante flexible, compuestos en su mayor parte entre aproximadamente el 430 y el 330 a.C., recopilados más tarde y atribuidos a Hipócrates debido a que compartían lo que parecían ser rasgos «hipocráticos». ¿Cuáles eran algunos de esos rasgos?[4]

El más importante es que los escritos hipocráticos representaban la medicina culta. El hecho de que se tratara de «escritos» ya lo pone de manifiesto. Los autores eran cultos. Sus trabajos eran el producto final de una búsqueda de comprensión. Muchos de los autores hipocráticos defendían puntos de vista sobre la naturaleza de la medicina como un arte o una ciencia, acerca de la naturaleza de las causas de la enfermedad, acerca de la relación del ámbito humano y el universo más en general, y acerca de los principios del tratamiento y la curación. Se dedicaban a lo que nosotros generalmente llamaríamos «filosofía natural», ya como pensadores originales, filósofos que se dedicaban a las cuestiones fundamentales sobre la enfermedad y la curación, o como médicos profesionales que se inspiraban en la tradición filosófica. Estaban en la intersección entre el arte curativo y la empresa filosófica. Puede que los médicos hipocráticos no hayan alcanzado una unanimidad sobre ninguna de estas cuestiones fundamentales, pero compartían la determinación de proceder de una manera docta. Incluso los autores hipocráticos que se que-

4. La literatura sobre la medicina hipocrática es enorme. Para interpretaciones recientes, véanse Wesley D. Smith, *The Hippocratic Tradition*; y la introducción de G. E. R. Lloyd a su edición de los *Hippocratic Writtings*. Véase también Lloyd, *Early Greek Science*, cap. 5; Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, *passim*, Longrigg, «Presocratic Philosophy and Hippocratic Medicine»; y los primeros tres artículos de *Ancient Medicine* de Edelstein.

FIG. 6.2. *Teatro de Epidauro (siglo IV a.C.), centro del culto de curación de Asclepio. El teatro tiene unas 14.000 localidades.*
Foto Marburg/Art Resource N. Y.

FIG. 6.3. *Hipócrates (copia romana de un original griego).*
Museo de Ostia Antica.

jaban de la intrusión de la filosofía en la medicina no escapaban a su influencia.[5]

¿Qué visión de la profesión médica presentan los escritos hipocráticos? Debemos recordar que, en la antigüedad, la práctica médica no tenía regulación ninguna: muchas clases de sanadores competían por la aceptación y el prestigio y, desde luego, por el negocio. La medicina no se estudiaba en escuelas médicas formales, sino que generalmente se aprendía haciendo de aprendiz de un médico en activo. Uno de los puntos de interés de los escritos hipocráticos era que establecía estándares, excluía a los charlatanes y creaba un clima de opinión favorable a la medicina culta. La insistencia en la prognosis acertada en los escritos hipocráticos estaba pensada no meramente para mejorar el éxito del médico como sanador, sino también para mejorar su imagen, y así promocionar su carrera. Finalmente, el juramento hipocrático fue un intento de autorregulación entre los profesionales de la medicina.

Las teorías de la salud y la enfermedad son importantes en varios escritos hipocráticos. Lo más llamativo, a nivel general, es la marcada reducción de la presencia (pero no la total desaparición, como se ha afirmado en ocasiones) de elementos teóricos de tipo mágico y sobrenatural. Los dioses existen, desde luego, y la propia naturaleza puede ser considerada como divina, pero la intervención de los dioses como causa directa de la enfermedad o la salud queda excluida. Puede verse esto en varios tratados hipocráticos, incluido *Sobre la enfermedad sagrada* (que no se corresponde exactamente con ninguna dolencia moderna, pero que incluye síntomas de la epilepsia y quizá de la apoplejía y la parálisis cerebral), donde el autor expresa su opinión:

> Que los primeros que llamaron a esa enfermedad «sagrada» fueron el tipo de gente que ahora llamamos doctores-brujos, curadores por la fe, curanderos y charlatanes. Éste es precisamente el tipo de gente que pretende ser muy pía y particularmente sabia. Invocando un elemento divino eran capaces de ocultar su propia incapacidad para dar un tratamiento adecuado, y por eso llamaron a ésta una enfermedad «sagrada», para ocultar la ignorancia que ellos tenían de su naturaleza.[6]

5. Sobre la relación de la medicina con la filosofía, véanse Longrigg, «Presocratic Philosophy and Hippocratic Medicine»; L. Edelstein, «The Relation of Ancient Philosophy to Medicine»; y Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, págs. 86-98.

6. Citado de la traducción de J. Chadwick y W. N. Mann, en *Hippocratic Writtings*, Lloyd (comp.), págs. 237-238. Sobre la medicina y lo sobrenatural en el corpus hipocrá-

El autor pasa a ofrecer su propia explicación naturalista, basada en la obstrucción de las «venas» por la flema procedente del cerebro. Lo importante aquí es que se asume que la naturaleza actúa uniformemente. Sean cuales sean las causas, no son caprichosas, sino uniformes y universales.

Los tratados hipocráticos a menudo asocian la enfermedad a algún desequilibrio en el cuerpo o a una interferencia en su estado natural. En varios de dichos tratados, la enfermedad se asocia con los humores o fluidos corporales. Una versión de esta teoría se elabora en *Sobre la naturaleza del hombre*, donde se afirma que los cuatro humores —sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra— son los constituyentes básicos del cuerpo y que los desequilibrios entre ellos son responsables de la enfermedad:

> El cuerpo humano contiene sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra. Éstas son las cosas que forman su constitución y causan sus dolores y su salud. La salud es principalmente el estado en el que estas sustancias constituyentes están en la correcta proporción una respecto a otra, en fuerza y en cantidad, y en el que estén bien mezcladas. Los dolores se dan cuando una de las sustancias presenta una deficiencia o un exceso, o está separada en el cuerpo y no mezclada con las otras.[7]

Cada uno de estos humores estaba asociado a un par de cualidades básicas: calor, frío, húmedo y seco. Este esquema ligaba la enfermedad al exceso o deficiencia de calor o humedad y llevaba a la conclusión de que los distintos humores tienden a predominar durante las diferentes estaciones. La flema, por ejemplo, que es fría, aumenta en cantidad durante el invierno, de ahí que durante el invierno las dolencias flemáticas son bastante comunes. La sangre predomina en la primavera, la bilis amarilla en el verano y la bilis negra en el otoño. Obviamente, los factores estacionales no son las únicas causas de enfermedad: la comida, el agua, el aire y el ejercicio también contribuyen al estado de salud de uno.

---

tico, véanse especialmente G. E. R. Lloyd, *The Revolutions of Wisdom*, cap. 1; Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, cap. 1; y Longrigg, «Presocratic Philosophy and Hippocratic Medicine».

7. *The Nature of Man*, trad. de J. Chadwick y W. N. Mann, en *Hippocratic Writtings*, Lloyd (comp.), pág. 262. La teoría de los cuatro humores no dominó la fisiología hipocrática, como sucedería en la fisiología galénica y posterior. Algunos escritores hipocráticos aceptaban sólo dos humores (usualmente bilis y flema), y desde luego muchos ni siquiera analizaron ninguna teoría humoral.

Si la enfermedad se asocia al desequilibrio, la terapia debe dirigirse a la restauración del equilibrio. La dieta y el ejercicio (que juntos constituían lo que se llamaba «régimen») estaban entre las terapias más comunes. Purgar el cuerpo —mediante sangrías, eméticos, laxantes, diuréticos y enemas— era otro modo de reparar un equilibrio de los fluidos corporales.

La cuidadosa atención a los factores estacionales y climáticos, y a la disposición natural del paciente, también formaba parte de una terapia de éxito. Y además de todo esto, el médico debía tener presente que la naturaleza tiene su propio poder curativo y que la tarea más básica del médico es ayudar al proceso natural de curación. Una parte considerable de la responsabilidad del médico era preventiva: el aconsejar sobre cómo regular la dieta, el ejercicio, el baño, la actividad sexual y otros factores que contribuirían a la salud del paciente.

Pero el médico culto no se limitaba a dar consejo. También se interesaba por lo que nosotros consideraríamos el aspecto «clínico» de la práctica médica. Varios tratados hipocráticos proporcionan instrucciones sobre los procedimientos de examen, la diagnosis y la prognosis (predicción del curso futuro probable de la enfermedad). Se nos dice qué síntomas buscar y cómo interpretarlos. El médico debe examinar la cara, los ojos, las manos, la postura, la respiración, el sueño, las deposiciones, la orina, los vómitos y los esputos del paciente; tiene que vigilar la tos, los estornudos, el hipo, las flatulencias, la fiebre, las convulsiones, las pústulas, los tumores y las lesiones. Se facilitan historiales que muestran el curso típico de una determinada enfermedad. Muchos de ellos son destacables por su precisión y claridad. Considérese, por ejemplo, la siguiente descripción de lo que debe haber sido una epidemia de paperas.

> Mucha gente sufrió de hinchazones cerca de las orejas; en algunos casos sólo en un lado; en otros en ambos. Usualmente no había fiebre, y el paciente no estaba confinado en cama. En unos pocos casos había una ligera fiebre. En todos los casos las hinchazones disminuyeron sin causar daño, y ninguna supuró [descargó pus] como lo hacen las hinchazones causadas por otros desórdenes. Las hinchazones eran blandas, grandes y muy anchas. No iban acompañadas de inflamación o dolor, y desaparecían sin dejar rastro. Los niños, los hombres jóvenes y los hombres adultos en la flor de la vida eran especialmente afectados, y [...] los dedicados a la lucha o a la gimnasia eran especialmente propensos.[8]

8. *Epidemics*, I, i, trad. de J. Chadwick y W. N. Mann, en Lloyd (comp.), *Hippocratic Writtings*, págs. 87-88, con cambios menores en la puntuación.

Sobre la base de los síntomas observados, el médico hacía un diagnóstico y un pronóstico. Y finalmente, si el caso era tratable, prescribía el tratamiento. El tratamiento, como hemos señalado, a menudo era dietético o estaba encaminado a la regulación del ejercicio y del sueño; también podía incluir baños y masajes. Pero había muchas dolencias específicas que se creía que respondían a ciertas medicinas internas o externas. En los escritos hipocráticos se mencionan cientos de estas últimas, la mayoría hierbas: laxantes, purgas, eméticos (para inducir el vómito), narcóticos, expectorantes (para estimular la tos), bálsamos, emplastos y polvos. Y, finalmente, los escritos hipocráticos también se ocupaban del tratamiento de las heridas, fracturas y dislocaciones, con tal pericia que han producido la admiración de los médicos modernos.

Finalmente, debemos decir algo sobre los principios de investigación incorporados en esta literatura médica. Una vez que vamos más allá del compromiso con un enfoque crítico de la actividad curativa y de la determinación de emplear principios naturalistas de explicación y terapia, se acaba la unanimidad. El autor de *Sobre la naturaleza del hombre*, por ejemplo, ofrece una teoría especulativa de la naturaleza humana y de la salud y la enfermedad, y a partir de dicha teoría deduce varios principios terapéuticos. Sin embargo, otros tratados del corpus hipocrático atacan el enfoque especulativo. El autor de *Sobre la medicina antigua* expresa su escepticismo respecto al uso de las hipótesis en la medicina, especialmente respecto a la hipótesis de que la enfermedad es el resultado de un desequilibrio entre las cuatro cualidades. Afirma que esta teoría no lleva a remedios que difieran de modo significativo de los remedios prescritos por otros médicos, sino que simplemente los envuelve en la niebla de un «galimatías técnico».[9] Él y otros hipocráticos de tendencia escéptica habrían preferido que los médicos procedieran con cautela, sobre la base de la experiencia acumulada, aceptando teorías causales sólo cuando estuvieran sustentadas por una evidencia aplastante. Como hemos visto, la advertencia de proceder experiencialmente dio fruto en los cuidadosos procedimientos de diagnóstico y las impresionantes historias de casos del corpus hipocrático. Ocasionalmente, incluso encontramos una observación específica hecha para confirmar una conclusión teórica, como en *Sobre la enfermedad sagrada*, donde el autor propone la disección de una cabra que tenía la enferme-

9. Trad. de J. Chadwick y W. N. Mann, en Lloyd (comp.), *Hippocratic Writtings*, pág. 79. A pesar de su escepticismo el autor de esta obra propone sus propias hipótesis.

dad, para demostrar que la dolencia resulta de la acumulación de flema en el cerebro.[10]

Debemos concluir esta exposición de la medicina hipocrática con dos recordatorios aleccionadores. Primero, cuando apareció la medicina culta, no eliminó a sus rivales. La medicina culta nunca fue la única clase de medicina, ni siquiera la más popular, sino que funcionó junto a las formas tradicionales de creencia y práctica curativas. A lo largo de la antigüedad griega (desde el siglo v a.C. en adelante), el enfermo podía dirigirse en busca de ayuda a los médicos cultos, a los sacerdotes que curaban en los templos de Asclepio, a las comadronas, a la herboristería y a los ensalmadores. Además, no podía haber duda de que las líneas de demarcación entre esos varios tipos de sanadores era vaga, de modo que, por ejemplo, la curación del templo podía estar estrechamente asociada con la medicina culta. Más aún, es indudable que a veces el enfermo experimentaba con tipos alternativos de curación simultánea o secuencialmente.

Segundo, si bien es cierto que las prácticas médicas tradicionales continuaron existiendo junto con la medicina culta, también lo es que, hasta cierto punto, fueron incorporadas dentro de ésta. Es decir, no debemos inflar la medicina griega culta hasta convertirla en una versión primitiva de la medicina moderna. La medicina griega era... bueno, griega. Tuvo que encajar con la visión del mundo y la perspectiva filosófica de los antiguos griegos. Y eso significa que no excluyó todas las creencias y prácticas médicas que el médico occidental moderno hallaría extrañas o repugnantes. Así la curación por el sueño siguió formando parte de la medicina, incluida la medicina hipocrática, a lo largo de toda la antigüedad.[11] Y aunque la interferencia divina fue excluida, los elementos religiosos no desaparecieron totalmente. Para ofrecer el ejemplo más sencillo, en las líneas iniciales del juramento hipocrático el médico jura por Apolo y Asclepio y convoca a los dioses y diosas para que den testimonio de su juramento. Si nos sentimos tentados de descartar este ejemplo, de acuerdo con que puede representar un ritual vacío (comparable al de los ateos o agnósticos que juran sobre una Biblia en una sala de justicia), puede hallarse un ejemplo más convincente en el autor hipocrático que junto al régimen recomienda plegarias.[12] O para considerar un ejemplo más su-

10. *Ibid.*, pág. 247.

11. Edelstein, «Greek Medicine and Its Relations to Religion and Magic», en *Ancient Medicine*, págs. 241-243.

12. Véase *Hippocrates with an English Translation*, 4, págs. 423 y 437.

til de presencia religiosa, cuando el autor de *Sobre la enfermedad sagrada* niega que la enfermedad sea el resultado de la intervención divina, sólo está afirmando que toda enfermedad tiene una causa natural, no se opone al punto de vista de que esta causa natural es en sí misma un aspecto o una manifestación de la acción divina. La mayoría de los médicos hipocráticos indudablemente continuaban creyendo que las cosas naturales participan de la divinidad, y que la enfermedad es simultáneamente natural y divina.

La anatomía y la fisiología helenísticas

Nuestras fuentes de la medicina griega presentan una rara bifurcación. Tenemos los escritos hipocráticos, que nos dan mucha información sobre la medicina griega inicial; y tenemos una variedad de fuentes de comienzos de la era cristiana, que nos ofrecen una buena imagen de la medicina en el imperio romano. Pero hay un periodo intermedio de cuatrocientos a quinientos años del que sólo tenemos restos fragmentarios de la literatura médica. La explicación no es que la medicina dejara de practicarse o que dejaran de escribirse tratados médicos (aunque la producción de éstos sin duda tuvo sus altibajos). Se trata más bien de que, por razones que desconocemos, los escritos médicos de este periodo intermedio no sobrevivieron. Por ello, los desarrollos en la medicina durante este periodo han de reconstruirse a partir de descripciones fragmentarias en las obras de autores posteriores.[13]

El conocimiento de la anatomía y la fisiología humanas entre los médicos hipocráticos parece haber sido bastante limitado. Durante el periodo en el que los tratados hipocráticos fueron redactados o en el anterior, los datos sobre una disección sistemática de cuerpos humanos son muy escasos, debido, sin duda, a los tabúes tradicionales respecto a la inhumación de los muertos y quizá también a la ausencia de una buena razón para suponer que la disección humana podía proporcionar un conocimiento útil. El conocimiento anatómico que existía se había adquirido indudablemente durante las intervenciones quirúrgicas o el tratamiento de heridas, o por analogía con la anatomía animal (bien conocida, gracias a Aristóteles).

13. Sobre la medicina helenística, además de las fuentes citadas más adelante, véanse John Scarborough, *Roman Medicine*; Ralph Jackson, *Doctors and Diseases in the Roman Empire*.

Por tanto, fue un acontecimiento de gran importancia el hecho de que la disección humana empezara en Alejandría en el siglo III a.C.[14] No sabemos con exactitud cómo tuvo lugar esta extraordinaria innovación. Indudablemente estuvo conectada al mecenazgo real de la dinastía ptolemaica, que era suficientemente poderosa para, si se deseaba, violar los tabúes tradicionales de la inhumación. Puede que tuviera algo que ver con los desarrollos médicos, que elevaron la importancia del conocimiento anatómico, o con el transplante de la medicina griega a nuevos ambientes sociales y religiosos. Parece que se produjo en un contexto filosófico en el que nuevas preguntas que empezaban a plantearse pudieron exigir nuevos métodos de investigación. Cualesquiera que fueran las razones, los testimonios antiguos son prácticamente unánimes en afirmar que Herófilo de Calcedonia y Erasistrato de Quíos fueron los primeros que se dedicaron a la disección sistemática del cuerpo humano. Si hemos de creer al enciclopedista romano Celso y al padre de la Iglesia Tertuliano, incluso llevaron a cabo la vivisección en prisioneros.

¿Qué aprendieron? Herófilo († ca. 260 o 250 a.C.), nativo de Asia Menor, estudió medicina con Praxágoras de Cos antes de emigrar a Alejandría, donde trabajó bajo el mecenazgo de los dos primeros gobernantes Ptolomeos. Su teoría patológica y su práctica terapéutica, hasta donde podemos saber, parece haber tenido un carácter hipocrático. Donde abrió nuevos caminos fue como anatomista.[15] Herófilo investigó la anatomía del cerebro y del sistema nervioso, identificando dos de las membranas del cerebro (la duramáter y la piamáter) e indicando las conexiones entre los nervios, la médula espinal y el cerebro. Su distinción entre nervios sensitivos y motores pone de manifiesto su comprensión de las funciones del sistema nervioso. Examinó el ojo con gran cuidado, identificando sus principales humores y túnicas, y creando una nomenclatura técnica que ha sobrevivido hasta el presente. Siguió el nervio óptico desde el ojo hasta el cerebro y afirmó que estaba lleno de un pneuma sutil.

Herófilo también exploró los órganos de la cavidad abdominal. Ofreció cuidadosas descripciones del hígado, el páncreas, los intestinos, los órganos reproductores y el corazón. Distinguió las venas de las arterias por la finura de sus paredes. Examinó las válvulas del corazón. Estudió el

14. Para una excelente revisión de estos desarrollos, véase James Longrigg, «Anatomy in Alexandria in the Third Century B.C.».

15. Sobre Herófilo, véase el autorizado volumen de Heinrich von Staden, *Herophilus*; también Longrigg, «Superlative Achievement», págs. 164-177.

pulso arterial —aunque no lo entendió como una simple respuesta mecánica a la acción de bombeo del corazón— y empleó las variaciones en los ritmos del pulso como una herramienta de diagnóstico y pronóstico. Describió los ovarios y las trompas de Falopio y escribió un tratado sobre obstetricia. Incluso este breve resumen pone de manifiesto los destacados logros de Herófilo como estudioso de la anatomía y la fisiología humanas.

Su trabajo fue continuado por Erasistrato, más o menos contemporáneo (nacido ca. 304 a.C.), de la isla de Quíos, que había estudiado medicina en la escuela peripatética, en Atenas y en Cos.[16] Erasistrato continuó y mejoró las investigaciones de Herófilo sobre la estructura del cerebro y del corazón. Proporcionó una excelente descripción (que Galeno nos cita) de las válvulas bicúspide y tricúspide y de su función en la determinación del flujo de una sola dirección a través del corazón. Según el punto de vista de Erasistrato, el corazón funcionaba como un fuelle, expandiéndose para atraer la sangre o pneuma hasta él, y contrayéndose para expeler la sangre a las venas y el pneuma a las arterias. La expansión y contracción del corazón, sostenía Erasistrato, era el resultado de una facultad innata que reside en el corazón. Afirmó, correctamente, que la expansión de la arteria durante el pulso arterial era simplemente una respuesta pasiva de la expansión y contracción del corazón.

Aunque nos han llegado partes importantes de la teoría fisiológica de Herófilo (su teoría del pulso, por ejemplo) parece que estuvo más interesado en la estructura que en la función. En la obra de Erasistrato hallamos bastante más fisiología. Aparentemente influido por la escuela peripatética, especialmente por Estratón, Erasistrato afirmó que la materia consiste en pequeñas partículas separadas por diminutos espacios vacíos. Combinó este corpuscularismo con la teoría del pneuma, para explicar una variedad de procesos fisiológicos. Utilizaremos sus explicaciones de la digestión, la respiración y los sistemas vasculares (particularmente importantes debido a su posterior influencia en Galeno) como ilustraciones.

Erasistrato creía que todos los tejidos del cuerpo contienen venas, arterias y nervios, y que estos vasos servían como canales por los que varias sustancias fundamentales para el funcionamiento del cuerpo eran conducidas a sus distintos órganos. La comida entra en el estómago, donde es mecánicamente reducida a jugo que pasa, a través de pequeños

16. Sobre Erasistrato, véanse James Longrigg, «Erasistratus», *Dictionary of Scientific Biography*, 4, págs. 382-386; Longrigg, «Superlative Achievement», págs. 177-184; y G. E. R. Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, págs. 80-85.

poros que hay en las paredes del estómago y de los intestinos, al hígado, para ser convertido allí en sangre. La sangre es enviada después a través de las venas a todas las partes del cuerpo, donde es responsable de la alimentación y el crecimiento. Las arterias, por el contrario, contienen sólo pneuma, inhalado desde la atmósfera en la respiración y atraído a la parte izquierda del corazón a través de la «arteria venosa» (nuestra vena pulmonar). Desde el corazón, el pneuma es distribuido a través de las arterias a todas las partes del cuerpo, dotándolas de sus capacidades vitales. Finalmente, los nervios contienen una forma más fina de pneuma, pneuma «psíquico», producido a partir del pneuma arterial mediante su refinamiento en el cerebro y responsable de la sensación y de las funciones motoras. Para explicar el movimiento de estas sustancias en el cuerpo, Erasistrato apela al horror de la naturaleza al vacío: la acción de bombeo del corazón o el consumo o la pérdida de materia en un órgano requiere que la sangre o pneuma sea inmediatamente atraído para ocupar el espacio recién creado o desocupado.

Es una teoría muy impresionante, algunas de cuyas partes iban a sobrevivir en el pensamiento fisiológico occidental casi dos mil años. Pero incluso en tiempos de Erasistrato se planteó una objeción aparentemente fatal, a saber, que cuando se corta una arteria (el canal por el que el *pneuma* es conducido a todas las partes del cuerpo), de ella fluye *sangre*. Erasistrato respondió a esta objeción afirmando que, en circunstancias normales, las venas y arterias no se comunican. Sin embargo, cuando se abre una arteria, el pneuma que escapa crea, o amenaza con crear, un vacío. Este vacío potencial, a su vez, abre pequeños canales (anastomosis) entre las venas y las arterias, permitiendo a la sangre pasar temporalmente de las venas a las arterias y seguir al pneuma que escapa por la herida.

La teoría de la nutrición y del flujo vascular de Erasistrato lleva fácilmente a una teoría de la enfermedad. Erasistrato sostuvo que la enfermedad es causada principalmente por la inundación de las venas con un excedente de sangre, debido a la comida excesiva. Si, por ejemplo, las venas están suficientemente cargadas con sangre, los canales normalmente cerrados entre los sistemas venoso y arterial pueden verse forzados a abrirse, entonces la sangre puede pasar a las arterias y ser enviada a través del sistema arterial a las extremidades, donde causa inflamación y fiebre. De esta teoría de la enfermedad se sigue que la terapia debe estar dirigida a reducir la cantidad de sangre. Esto puede conseguirse a través de la limitación de la ingestión de comida o (menos comúnmente) con la sangría.

Las sectas médicas helenísticas

Herófilo y Erasistrato despertaron gran interés en el mundo médico y atrajeron hacia sí a médicos destacados y a teóricos de la medicina. Estos estudiosos y observadores, aunque sin duda inspirados por el ejemplo y las enseñanzas de estos dos hombres, no parecen haberse considerado coartados por ningún tipo de ortodoxia doctrinal. Después de todo, los mismos Herófilo y Erasistrato habían discrepado en muchas cuestiones. Un estudiante de Herófilo, Filino de Cos, escribió un libro contra ciertas enseñanzas de Herófilo y de sus seguidores, que provocaron una serie de ataques y contraataques. A lo largo de los siglos siguientes, los seguidores de Herófilo y sus críticos (que llegaron a ser conocidos como «empiristas») produjeron una importante literatura polémica. La medicina helenística estaba empezando a dividirse en sectas médicas rivales, cada una con sus propias teorías médicas y sus propios programas metodológicos.

Con el tiempo, surgieron varios grupos.[17] Una familia de sectas, descendiente en parte de seguidores de Herófilo y de Erasistrato, ya se había consolidado en la antigüedad bajo la rúbrica de «racionalistas» o «dogmáticos». Hay que insistir en que los «racionalistas» o «dogmáticos» no constituían un movimiento unificado y coherente, sino que en muchas cuestiones estaban divididos. Si algo los unía era su compromiso con la medicina especulativa, teórica, el intento de aplicar, al ámbito de la medicina, los métodos de la filosofía natural que hemos visto en las principales escuelas filosóficas. Algunos «racionalistas» continuaron defendiendo la disección humana como una herramienta metodológicamente válida, capaz de contribuir a la formulación de hipótesis respecto a las causas ocultas de la enfermedad. Algo en lo que todos habrían estado de acuerdo es en el valor de la teoría fisiológica para la práctica de la medicina.

Sus principales rivales y detractores, los «empiristas», adoptaron la opinión radicalmente opuesta de que la especulación teórica, incluyendo la búsqueda del conocimiento fisiológico y de las causas ocultas de la enfermedad, era una pérdida de tiempo. Y, especialmente, que la disección humana no aportaba ninguna contribución útil al conocimiento médico y debería ser prohibida. En resumen, los «empiristas» mantenían que la

17. Sobre las sectas médicas, véase Heinrich von Staden, «Hairesis and Heresy: The Case of the *haireseis iatrikai*»; también Michael Frede, «The Method of the So-Called Methodical School of Medicine»; Ludwig Edelstein, «The Metodists»; Edelstein, «Empiricism and Skepticism in the Teaching of the Greek Empiricist School»; y P. M. Fraser, *Ptolemaic Alexandria*, 1, págs. 338-376.

FIG. 6.4. *Médico griego, relieve funerario, 480 a.C.* Antikenmuseum Basel, Inv. nº BS 236.

tradición anatómica y fisiológica desarrollada por Herófilo, Erasistrato y sus seguidores orientados hacia la teoría eran para la medicina una vía muerta, que debía ser evitada. El buen médico debía concentrarse en los síntomas y causas visibles y recomendar la terapia sobre la base de la experiencia pasada (la propia y la de sus predecesores) de la eficacia de los distintos remedios.

En el siglo I d.C. apareció en Roma un tercer grupo de médicos, conocidos como los «metódicos», cuya afirmación básica era que los «racionalistas» y los «empíricos» habían hecho la medicina innecesariamente complicada, que las complejidades de la medicina culta, incluyendo la anatomía y la fisiología y la búsqueda de las causas de la enfermedad (tanto ocultas como visibles) podían ser dejadas de lado. El núcleo de la enseñanza «metodista» era que la enfermedad depende de la tensión o laxitud del cuerpo y que el tratamiento prescrito se sigue directa y «metódicamente» de esta premisa. Esta enseñanza resultó muy popular entre los aristócratas romanos, cuyo apoyo hizo del «metodismo» una poderosa fuerza médica en Roma y en todo el mundo helenístico. Una cuarta escuela doctrinal era la de los «pneumáticos», que construyeron una filosofía médica sobre principios estoicos. Y finalmente, debemos mencionar a Asclepiades de Bitinia (fl. 90-75 a.C.), un influyente médico romano que repudió las teorías humorales en favor de doctrinas atomistas.

Galeno y la culminación de la medicina helenística

Éste era el mundo médico en el que Galeno ingresó cuando, a la edad de dieciséis años, se decidió por la carrera médica. Nacido en Pérgamo (uno de los centros intelectuales más importantes de Asia Menor y de todo el mundo helenístico) en el 129 d.C., Galeno estudió filosofía y matemáticas antes de decidirse por la medicina.[18] Sus viajes, en busca primero de educación y después de mecenazgo, ilustran el alto nivel de movilidad de que disfrutaban los estudiosos en el mundo antiguo. Galeno estudió medicina en Pérgamo y Esmirna (ambas en Asia Menor), después en Corinto, en la Grecia continental, y finalmente en Alejandría. Desde Alejandría volvió a Pérgamo como médico de gladiadores, y después fue

18. Sobre la vida y época de Galeno, véanse Vivian Nutton, «The Chronology of Galen's Early Career»; Nutton, «Galen in the Eyes of His Contemporaries»; y John Scarborough, «The Galenic Question».

a Roma en busca de mecenazgo, volvió a Pérgamo, regresó a Italia y finalmente se estableció en Roma, donde disfrutó de la amistad y satisfizo las necesidades médicas de los ricos y poderosos, incluidos los emperadores Marco Aurelio, Cómodo y Septimio Severo. Murió después del 210. Galeno produjo un corpus de escritos enorme, del que las partes que han sobrevivido, en la edición estándar del siglo XIX, ocupan veintidós volúmenes. Estos escritos, que resumen el conocimiento y arbitran las principales disputas de la antigua tradición de la medicina culta, convierten a Galeno en la primera autoridad médica de la antigüedad —en disputa únicamente con Hipócrates— y le dan una influencia sin paralelo hasta bien entrado el periodo moderno.

Galeno era un filósofo de una amplia formación, conocedor de todas las controversias filosóficas más importantes de la antigüedad y comprometido con la integración de la medicina y la filosofía. Fue muy influido por el corpus hipocrático, por Platón, Aristóteles y los estoicos, por las obras fisiológicas y anatómicas de Herófilo y Erasistrato y por las controversias médicas del periodo helenístico. Ha sido descrito como un racionalista ecléctico,[19] más interesado en la enfermedad que en el paciente, considerando a este último como un vehículo por medio del cual conseguir conocimiento de la primera. Entre sus objetivos médicos era central la necesidad de clasificar las enfermedades —para descubrir los universales que subyacen a los particulares— e investigar sus causas ocultas. Y estaba convencido de que el conocimiento anatómico y fisiológico era esencial para el éxito de esta empresa.

La influencia hipocrática fue de importancia decisiva en el desarrollo de la filosofía médica de Galeno (aunque él se sentía libre para tomar prestado selectivamente y para interpretar de modo flexible los elementos seleccionados). Esto facilitó su punto de vista sobre el cuerpo humano y la tarea del médico, su insistencia en la importancia de la observación clínica y las historias de casos, su hincapié en el diagnóstico y el pronóstico, y sus nociones terapéuticas generales. Galeno tomó del tratado hipocrático *So-*

19. Fraser, *Ptolemaic Alexandria*, 1, pág. 339. Sobre el pensamiento de Galeno, véanse Owsei Temkin, *Galenism*; Luis García Ballester, «Galen as a Medical Practitioner: Problems in Diagnosis»; Smith, *Hippocratic Tradition*, cap. 2; John Scarborough, «Galen Redivivus: An Essay Review»; Phillip De Lacy, «Galen's Platonism»; el ensayo incluido en Fridolf Kudlien y Richard J. Durling (comps.), *Galen's Method of Healing*; y Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, cap. 9. También la introducción a *On the Usefulness of the Parts of the Body* [*Acerca de la utilidad de las partes del cuerpo*], comp. y trad. de Margaret T. May; y Peter Brain, *Galen on Bloodletting*.

bre la naturaleza del hombre la doctrina de los cuatro humores, el punto de vista de que los constituyentes fundamentales del cuerpo humano son la sangre, la flema, la bilis amarilla y la bilis negra, reducibles a su vez a las cualidades básicas: caliente, frío, húmedo y seco. Los cuatro humores, afirmó, se juntan para formar los tejidos; los tejidos se combinan para formar los órganos; los órganos se unen para formar el cuerpo.

La enfermedad puede estar asociada o bien a un desequilibrio entre los humores y sus cualidades constituyentes o bien al estado específico de los órganos particulares; una de las principales innovaciones de Galeno en el arte de la diagnosis fue localizar la enfermedad mediante la identificación de los órganos específicamente afectados. El análisis de las fiebres que hace Galeno ilustra ambos aspectos de su teoría de la enfermedad. Las fiebres generalizadas, dice, son producidas en todo el cuerpo por el calor de los humores en putrefacción. Las fiebres localizadas son el resultado de humores nocivos o tóxicos en un órgano específico, que provoca cambios tales como el endurecimiento o la hinchazón, y el dolor. Para el diagnóstico, Galeno se apoyaba especialmente en el pulso y en el examen de la orina, pero también vio la necesidad de examinar todos los demás signos destacados en el corpus hipocrático. En *Acerca del arte de curar* escribió:

> Cuando examines un paciente, estudia los síntomas más importantes sin olvidar los más triviales. Lo que nos dicen los más importantes es corroborado por los otros. Generalmente se obtiene la información más importante de las fiebres, del pulso y de la orina. Es esencial añadir a éstos los otros signos, como enseñaron los hipocráticos, tales como los que aparecen en el rostro, la postura que el paciente adopta en la cama, la respiración, la naturaleza de las excreciones superiores e inferiores, [...] la presencia o ausencia de dolor de cabeza, [...] la postración o espíritu animoso en el paciente, [...] [y] el aspecto del cuerpo.[20]

Galeno creía que el conocimiento de la estructura y la función de los órganos individuales era esencial para la práctica exitosa de la medicina. Postulaba la importancia del conocimiento anatómico, pero aceptaba que en su tiempo la disección de humanos ya no era posible. Urgía a sus lectores a estar alerta a la posibilidad de observaciones anatómicas fortuitas, gracias al derrumbe de una tumba o al hallazgo de un esqueleto al borde de la carretera. A aquellos que pudieran hacerlo les recomendaba

20. I.2, citado de García Ballester, «Galeno as a Medical Practitioner», con escasas mejoras en la puntuación.

que visitaran Alejandría, donde todavía podían examinarse de primera mano los esqueletos. Pero aceptó que en su mayor parte la anatomía humana tenía que inferirse a partir de la analogía, a partir de la disección de animales cuya anatomía se pareciera a la de los humanos. El propio Galeno diseccionó distintos animales, incluidos un pequeño mono conocido como el mono de Berbería (el macaco). Su pericia como anatomista resulta obvia en varias obras anatómicas, incluida una guía de la disección, *Acerca de las manipulaciones anatómicas*. Proporcionó una excelente descripción de los huesos, los músculos, el cerebro y el sistema nervioso, los ojos, las venas y arterias, y el corazón. Desde luego, se apoyó en el trabajo de Herófilo y Erasistrato, pero no dudó en corregir a sus predecesores cuando pensó que se habían equivocado. Desafortunadamente, la disección de animales de Galeno le llevó a una errónea atribución a los humanos de ciertos rasgos anatómicos que se hallan solamente en los animales que examinaba. El caso más notorio es el de la *rete mirabile*, al que volveremos. Sin embargo, los trabajos anatómicos que sobrevivieron fueron los de Galeno, y no los de Herófilo y Erasistrato, de modo que fue Galeno el que proporcionó a Europa su única explicación sistemática de la anatomía humana hasta el Renacimiento.

El sistema fisiológico de Galeno tuvo raíces aún más complejas. Platón había defendido un alma tripartita, que consistía en una parte («racional») superior y dos partes inferiores (asociadas a la pasión y a los apetitos), alojadas, respectivamente, en el cerebro, el pecho y la cavidad abdominal. Galeno adoptó este esquema y procedió a correlacionar las tres facultades del alma identificadas por Platón con las tres funciones fisiológicas básicas definidas por Erasistrato: el resultado fue un marco organizativo tripartito de la fisiología. En este esquema, el cerebro (sede de las facultades racionales del alma) era identificado como el origen de los nervios. Siguiendo a Erasistrato, Galeno afirmó que los nervios contenían pneuma psíquico, que explicaba la sensación y las funciones motoras. El corazón (asiento de las pasiones) se convirtió para Galeno en el origen de las arterias, que llevaban la sangre arterial dadora de vida (y el pneuma vital) a todas las partes del cuerpo. Y el hígado (asiento del deseo o apetito) se convirtió en el origen de las venas, que alimentan el cuerpo con la sangre venosa.[21]

21. He estado muy tentado de preparar un diagrama esquemático del sistema fisiológico de Galeno. Sin embargo, al final he llegado a regañadientes a la conclusión de que no puede hacerse sin imponer a Galeno una inaceptable cantidad de conocimiento ana-

Estos tres sistemas fisiológicos, tal como Galeno los desarrolló, no eran totalmente independientes sino que tenían interconexiones. De ahí que pueda ayudar el que los tratemos por orden, desde la ingestión inicial de comida hasta el final de la distribución del pneuma psíquico a través de los nervios. La comida llega al estómago, donde es reducida a jugo (*chyle* es el término griego), no meramente mediante una acción mecánica, como Erasistrato creía, sino mediante la cocción por medio del calor vital del cuerpo. El *chyle* pasa a través de las paredes del estómago e intestinos a las venas circundantes del mesenterio, que lo llevan al hígado. En el hígado, el *chyle* es objeto de una nueva cocción y refinado, para producir sangre venosa. Esta sangre venosa, que es el alimento del cuerpo, se mueve lentamente a través de las venas hacia el exterior, hasta los distintos tejidos y órganos, donde es consumida. Así, el sistema venoso tiene su origen en el hígado. Transporta la sangre venosa a todas las partes del cuerpo y es responsable de su sustento.[22]

La sangre venosa llega al lado derecho del corazón a través de la *vena cava*. Un vaso sanguíneo muy importante (la vena arteriosa de Galeno, nuestra arteria pulmonar) lleva algo de esta sangre a los pulmones, que, como todos los demás órganos, necesitan alimento. El resto de la sangre venosa se filtra lentamente a través de diminutos poros en el duro músculo (el septum interventricular) que divide los ventrículos izquierdo y derecho del corazón. Galeno reconocía que estos poros son demasiado pequeños para ser visibles, pero afirmaba que puesto que la *vena cava* entrante es más grande que la vena arteriosa saliente, parte de la sangre venosa debe ir a otra parte. Además, la disparidad de tamaño es demasiado grande para ser explicada por el hecho de que el corazón (como cualquier otro órgano) consume una cierta cantidad de sangre venosa como alimento. Y finalmente, el principio de que la naturaleza no hace nada en vano garantiza que los pequeños hoyos en la superficie del septum interventricular deben llevar a alguna parte. Se sigue que:

---

tómico y fisiológico moderno. Para intentos previos de un diagrama de la fisiología de Galeno, véanse Charles Singer, *A Short History of Anatomy and Physiology from the Greeks to Harvey*, pág. 61; y Karl E. Rothschuh, *History of Physiology*, pág. 19.

22. En (al menos) una ocasión Galeno se refiere a la posibilidad de un «espíritu natural» o «pneuma natural» en la sangre venosa; esta sugerencia fue recogida por sus seguidores, que la convirtieron en una parte canónica del sistema de Galeno; véase Owsei Temkin, «On Galen's Pneumathology».

> La porción más sutil de la sangre es llevada desde el ventrículo derecho al izquierdo, debido a que hay perforaciones en el septum entre ellos. Estas [perforaciones] pueden verse en gran parte [de su longitud]. Son como hoyos con grandes bocas, y se vuelven cada vez más estrechos. Sin embargo, no es posible observar realmente sus extremos finales, debido a la pequeñez de éstos y al hecho de que cuando el animal muere todas las partes se enfrían y encogen.[23]

¿Qué sucede cuando la sangre llega al lado izquierdo del corazón? Aquí debemos introducir las teorías de la vitalidad y de la respiración de Galeno.[24] Galeno se adhiere a Platón, Aristóteles y al autor anónimo de *Sobre el corazón* (un tratado en un principio considerado hipocrático, pero que probablemente sea helenístico) al identificar la vida con el calor innato. Además, comparte su punto de vista de que el principal asiento de este calor dador de vida es el corazón. Mantener el grado de calor adecuado es fundamental, desde luego, y los que realizan esta función son los pulmones y la respiración. Por una parte, los pulmones rodean el corazón y disminuyen o moderan este calor. Por otra, alimentan el «fuego» dentro del corazón enviándole aire a través de la arteria venosa (nuestra vena pulmonar). Y por el mismo mecanismo proporcionan un medio para que el corazón se deshaga de los productos de deshecho de la combustión. Cuando el corazón se expande, el aire es atraído desde los pulmones al ventrículo izquierdo del corazón; cuando el corazón se contrae, el hollín y los vapores humeantes son enviados en la otra dirección y exhalados a la atmósfera. El aire que alcanza el ventrículo izquierdo del corazón durante la fase expansiva se mezcla con la sangre venosa que ha pasado a través del septum interventricular, sangre que también ha sido calentada y así vivificada por el calor innato del corazón. El producto es una sangre arterial más fina, más pura y más caliente, cargada ahora con el espíritu vital o pneuma que es llevado a todo el cuerpo por las arterias. Al defender esta teoría, Galeno dedicó muchos esfuerzos a probar, en contra de Erasistrato, que las arterias efectivamente contienen sangre. Así, tenemos

23. *On the Natural Faculties* [*Sobre las facultades naturales*] trad. de A. J. Brock, III.15, pág. 321, con correcciones de redacción menores, siguiendo a Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, pág. 149.

24. Además de las obras sobre Galeno citadas anteriormente, véase Galeno, *On Respiration and the Arteries* [*Sobre la respiración y las arterias*] comp. y trad. de David J. Furley y J. S. Wilkie.

el segundo sistema fisiológico básico de Galeno: el sistema arterial, que se origina en el corazón y lleva la sangre arterial a través de las arterias, impartiendo vida a los tejidos y órganos del cuerpo.

El cerebro, como cualquier otro órgano, recibe sangre arterial. Parte de esta sangre pasa a la *rete mirabile*, una red de finas arterias que se halla en ciertos ungulados (en los que tiene la función de refrescar) erróneamente atribuida por Galeno a los humanos. Al pasar a través de las arterias de la *rete mirabile* la sangre arterial se refina y sale como el grado más sutil del espíritu o pneuma: el pneuma psíquico. Este pneuma es enviado a todas las partes del cuerpo a través de los nervios y explica la sensación y las funciones motoras. De este modo, tenemos el tercero de los principales sistemas fisiológicos de Galeno.

Antes de dejar la fisiología de Galeno, es necesario insistir en otro punto. El intento de Erasistrato de mecanizar la fisiología, a Galeno no le pareció convincente. En especial, no creía que el movimiento de los fluidos a través del cuerpo pudiera ser suficientemente explicado en términos de la acción de bombeo o del horror de la naturaleza al vacío. Aceptó que el corazón funcionaba como un fuelle, atrayendo el aire de los pulmones durante la expansión y propulsando la sangre arterial en las arterias durante la contracción, y que las propias arterias tienen movimientos activos que hacen avanzar los fluidos. Pero, además, estaba convencido de que todos los órganos poseen facultades no mecánicas mediante las cuales atraen, retienen y repelen los fluidos según los necesiten. Así, el hígado tiene la capacidad de atraer hacia sí el *chyle* que necesita. De modo similar, la sangre venosa se mueve por el cuerpo no porque sea bombeada, sino debido a que los órganos del cuerpo la atraen, retienen o repelen según su necesidad de alimento.

El sistema médico de Galeno resultó sobremanera convincente, y dominó el pensamiento y la enseñanza médicos a lo largo de toda la Edad Media y hasta los inicios del periodo moderno. Galeno abordaba todas las cuestiones médicas importantes de su tiempo. Podía ser práctico, como en su farmacología, o teórico, como en su fisiología. Estaba filosóficamente informado y era metodológicamente sofisticado.[25] Su obra incorporaba lo mejor de la teoría patológica y terapéutica griegas. Contenía una excelente explicación de la anatomía humana y una brillante síntesis

25. Sobre la metodología de Galeno, además de las obras citadas anteriormente, véase Galeno, *Three Treatises on the Nature of Science [Tres tratados sobre la naturaleza de la ciencia]*.

del pensamiento fisiológico griego. En resumen, Galeno ofrecía una filosofía médica completa, que daba una excelente explicación de los fenómenos de la salud, la enfermedad y la curación.

Pero había otra razón para la popularidad de Galeno. En su anatomía y en su fisiología introducía una dosis masiva de teleología, que le ganaba el afecto de los lectores islámicos y cristianos. El propio Galeno no era cristiano, y su enfoque teleológico no tenía raíces cristianas, sino que se inspiraba en el *Timeo* de Platón, en *Partes de los animales* de Aristóteles y en el pensamiento estoico. Como Aristóteles —en realidad, más que Aristóteles—, Galeno halló pruebas de diseño inteligente en el ámbito animal y en el humano, y su *Acerca de la utilidad de las partes del cuerpo* es una letanía de elogios a la sabiduría y la providencia del Demiurgo (un término y una concepción obviamente tomados de Platón). En este libro, Galeno escribió:

> Y considero que realmente estoy mostrándole [al Demiurgo] reverencia no cuando le ofrezco [sacrificios] [...] de toros y quemo incienso [...] sino cuando aprendo primero a conocer su sabiduría, poder y bondad, y después las hago conocer a otros. Considero una prueba de su perfecta bondad el que quisiera ordenarlo todo en el mejor modo posible, no escatimando beneficios a ninguna criatura, y por ello podemos alabarlo como bueno. Pero haber descubierto cómo todo estaría mejor ordenado es la cima de la sabiduría, y haber realizado su voluntad en todas las cosas es la prueba de su invencible poder.[26]

Galeno afirmaba que la naturaleza (o el Demiurgo) no hace nada en vano, que la estructura del cuerpo humano está perfectamente adaptada a sus funciones, sin que sea posible mejorarla ni siquiera en la imaginación. Galeno incluso representó el inicio de la teología natural, esto es, una teoría de dios o los dioses basada en la evidencia hallada en la naturaleza. En la conclusión de *Acerca de la utilidad de las partes*, llamó la atención sobre las lecciones que se pueden aprender sobre el alma del mundo a partir de la investigación de la anatomía humana:

> Pues cuando en el barro y el cieno, en los pantanos y en las plantas y frutas podridas son engendrados animales que ya muestran una maravillosa indicación de la inteligencia que los construye, ¿qué debemos pensar de los cuerpos de arriba [los cuerpos celestes]? [...] De este modo, cuando

26. III, 10, trad. de May, 1, pág. 189.

> uno mira los hechos con una mente abierta ve que en ese cieno de pulpas y jugos ya hay una inteligencia inherente y cuando mira la estructura de cualquier animal —pues todos dan prueba de la sabiduría del Creador— comprenderá la excelencia de la inteligencia en los cielos.[27]

Como el lector puede fácilmente imaginar, la teleología de Galeno, así como su deseo de adaptar los humanos y sus enfermedades a una visión del mundo completa y satisfactoria (y, desde luego, antigua), no siempre ha sido bien recibida por los especialistas modernos. En realidad, Galeno ha sido el blanco de ciertos abusos por parte de los historiadores de la medicina enojados con él por no ser moderno.[28] Naturalmente, Galeno era meramente un grecorromano del siglo II. Y si nos concentramos en sus deficiencias desde el punto de vista moderno, podemos perder la oportunidad de aprender de su vida y pensamiento lo que significó ser un médico en los años de decadencia de la civilización grecorromana. Galeno enhebró varias ramas del pensamiento antiguo: resumió más de seiscientos años de medicina griega y romana. Al mismo tiempo, adecuó la medicina a un marco filosófico y teológico antiguo. El que la teleología impregne la obra de Galeno es un útil recordatorio de que el tema del orden y la organización en el universo siguió siendo un problema de importancia central, que todo pensador importante se sentía obligado a afrontar y sobre el que todavía no se había dicho la última palabra, un problema, de hecho, sobre el que todavía hoy no se ha dicho la última palabra. Que los dioses figuren en la visión del mundo de Galeno, e incluso en su sistema médico, no es un rasgo que haya que lamentar, sino una característica que hay que entender como típica de la medicina y filosofía antiguas. En su punto de vista sobre los dioses, Galeno no difería sustancialmente de los escritores hipocráticos, o de sus principales guías filosóficos. Aunque admitía la divinidad en el terreno médico, por ejemplo en su reconocimiento del poder curativo de Asclepio,[29] no permitió que su creencia interfiriera en la formulación de una filosofía médica restringida a la causalidad natural. Ciertamente, Galeno creyó que bajo el admirable diseño encontrado en los seres vivos podía percibirse un diseñador; pero esta creencia no tuvo mayor influencia en su análisis de la enfermedad o en sus procedimientos diagnósticos y terapéuticos.

27. VII, 1, trad. de May, 2, págs. 729-731.
28. Para un buen ejemplo, véase George Sarton, *Galen of Pergamon*.
29. Temkin, *Galenism*, pág. 24.

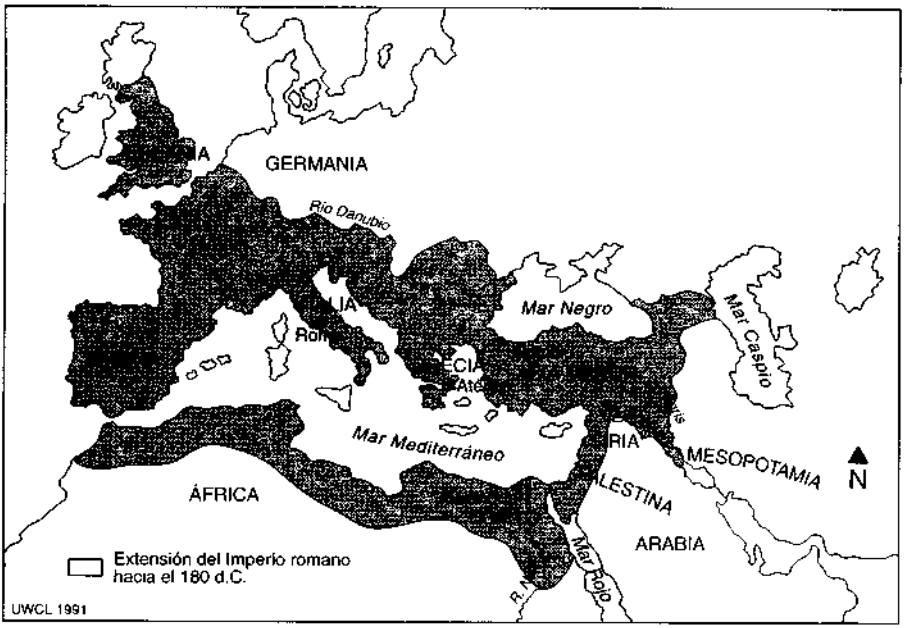
Capítulo 7

La ciencia romana y de principios de la Edad Media

Griegos y romanos

La carrera de Galeno (examinada en el capítulo anterior) ilustra bien la interpenetración de la vida intelectual griega y romana. Nacido y educado en Pérgamo, en Asia Menor —muy adentro de los límites del imperio romano, pero todavía un baluarte de la cultura griega—, Galeno continuó su educación en Corinto (en la Grecia continental) y en Alejandría. Recibió una educación griega —dada en Grecia y basada en los clásicos griegos— y de este modo se unió a esa tradición intelectual. Pero Galeno acabó su carrera en Roma, sirviendo a emperadores romanos y enseñando a auditorios romanos. Así pues, su biografía plantea el problema al que se dedicarán las secciones iniciales de este capítulo: ¿cuál era la relación política, cultural, intelectual, y especialmente científica, entre Grecia y Roma?

La autonomía y la dinámica vida política de las ciudades-Estado griegas acabó con las conquistas de Alejandro Magno (334-323 a.C.) y el establecimiento de un imperio griego. Sin embargo, en los Estados que siguieron a la división del imperio de Alejandro por parte de sus generales, la vida intelectual fue objeto de algún esporádico mecenazgo, en ocasiones generoso, y continuó vigorosa, al menos durante un tiempo. Mientras tanto, Roma creció a partir de una insignificante ciudad etrusca en el siglo VII a.C. hasta convertirse en una próspera república en los siglos V y IV. En el 256 a.C. controlaba la península italiana, y hacia el 200 a.C. tenía bastante política exterior y suficiente poder militar para intervenir en los asuntos griegos durante la segunda guerra macedónica (200-197). En los siguientes 150 años, Roma extiende gradualmente su influencia sobre las



MAPA 3. *El Imperio romano.*

tierras griegas. A la muerte de Julio César en el 44 a.C., Roma tenía el control de prácticamente toda la cuenca mediterránea, incluida Grecia, Asia Menor y el norte de África (véase el mapa 3).

En las provincias griegas, el control romano no llevó al colapso de la cultura y el saber. Por el contrario, como señaló el escritor romano Horacio (muerto en el 8 d.C.) en una famosa afirmación, mientras Roma tomó Grecia militar y políticamente, la conquista artística e intelectual perteneció a los griegos.[1] A medida que el poder romano y la prosperidad aumentaban, su clase acomodada empezó a apreciar los logros griegos en la literatura, la filosofía, la política y las artes. Todo romano que deseaba conseguir refinamiento en estas materias no podía hacer nada mejor que imitar los logros griegos, tomar prestada una cultura que había alcanzado las más altas cotas en estas áreas.

Podría imaginarse que las barreras lingüísticas y geográficas hubieran obstaculizado tal préstamo, pero de hecho en los primeros años de contacto cultural no resultaron ser un problema serio. La capacidad para leer y escribir griego era común en Italia, que tenía asentamientos griegos des-

1. Horacio, *Epistles*, II.1.156.

FIG. 7.1. *El antiguo foro de Roma.* Alinari/Art Resource N. Y.

de hacía siglos. Recordemos, por ejemplo, a Parménides y Zenón de la ciudad de Elea y a los pitagóricos del sur de Italia visitados por Platón. Hacia el siglo II a.C., la propia Roma tenía una comunidad de griegos, y el bilingüismo (a cierto nivel) floreció entre las clases altas romanas. Cada vez con más frecuencia, los eruditos griegos se instalaban en Roma, voluntariamente o como esclavos, y era fácil encontrar maestros griegos deseosos de exponer el contenido de la literatura y filosofía griegas. Estudiar fuera, en las provincias griegas, era otra alternativa, que para un joven romano con serias aspiraciones de erudición llegó a ser casi obligatoria. Mediante estos mecanismos, Roma y sus alrededores consiguieron un círculo importante de eruditos griegos y romanos, todos ellos en contacto con la tradición culta griega. Finalmente, los eruditos romanos empezaron a transmitir aspectos del logro intelectual griego al lector latino. En no pocos casos, los textos incluso fueron traducidos del griego al latín.[2]

2. Sobre estos desarrollos, véase especialmente Elizabeth Rawson, *Intellectual Life in the Late Roman Republic.*

Algunas de estas circunstancias quedan ilustradas por la carrera de Cicerón (106-43 a.C.), un estadista romano de elevada educación y hombre de letras. Estudió con maestros griegos, primero en Roma, posteriormente en Atenas y en la isla de Rodas. Aprendió griego, desde luego, y también dominaba partes de la filosofía griega y fue muy influido por el estoicismo y las teorías epistemológicas que se desarrollaron en la escuela platónica en el siglo III.[3] Cicerón escribió tratados latinos sobre distintos temas y llevó a cabo una traducción del *Timeo* de Platón (que no ha sobrevivido).

Al principio, el apoyo a la cultura era totalmente privado. Un miembro de la clase alta podía dedicar algo de su tiempo de ocio a la lectura y a las discusiones cultas. Podía tener una biblioteca, que incluso podía ser importante. Pero nadie que no tuviera sus propios medios iba a encontrar un mecenas. En realidad, los arreglos posibles cubrían un amplio espectro, desde eruditos distinguidos ligados a las familias de los ricos hasta esclavos cultos, grecoparlantes. Las obligaciones del erudito que ascendía a la cima de esta carrera podían consistir en aconsejar o proporcionar compañía intelectual a su patrón, o cuidar de la biblioteca de su mecenas. Si era menos afortunado o menos capaz, probablemente sería encargado de la educación de los hijos de su patrón y quizás se le podía asignar además tareas menores.

El nivel del discurso en estas situaciones variaba. El estudioso romano que quisiera continuar hasta el nivel más alto lo haría en griego. De lo cual se deduce que el discurso erudito que se hizo en latín (tanto escrito como hablado) estaba algo por debajo de los más altos niveles de la investigación griega, que por eso ha ocupado mucho más nuestra atención. El latín se empleaba cuando las limitaciones lingüísticas del auditorio lo exigían. Y los conocimientos que atrajeron a este auditorio fueron una versión más ligera, más popular del saber griego. Algunos destacados historiadores de la ciencia, despreciando la divulgación, como si sólo importara la investigación de «vanguardia», han sido muy críticos con los griegos por haber desarrollado un nivel popular del saber, y con los romanos por explotarlo.[4] Pero esto refleja una perspectiva muy estrecha. De hecho, dentro de cualquier tradición de estudio tiene que haber múl-

3. Sobre Cicerón, véase más adelante.

4. Veánse especialmente William H. Stahl, *Roman Science*, págs. 50 (en la que Stahl se refiere a la «carrera del divulgador») y 55 (donde etiqueta a los divulgadores como «escritorzuelos»).

tiples niveles de conocimiento y pericia. Por cada Aristóteles, capaz de afrontar complicados problemas filosóficos o científicos de modo original, hubo miles de griegos y romanos cultos cuyas aspiraciones no iban ni podían ir más allá de entender lo que Aristóteles había conseguido o de reconciliar los puntos de vista de Aristóteles con los de otras autoridades reconocidas. Inevitablemente, cualquier programa de investigación creativa va acompañado de otros movimientos dirigidos a la preservación, el comentario, la educación, la divulgación y la transmisión. Podemos verlo en nuestro propio sistema educativo.

Dadas estas circunstancias, era natural que los estudiosos se propusieran tomar muestras de los logros intelectuales griegos e interpretarlas para un auditorio romano concentrándose en aquello que interesaba a sus patronos romanos, no las sutilezas de la metafísica y la epistemología griegas, ni los detalles técnicos de su matemática, astronomía y anatomía, sino temas con un valor práctico y un atractivo intrínseco. Se incluiría un cierto nivel de matemáticas por razones utilitarias, o como ejercicio intelectual. La medicina difícilmente requería justificación, aunque los romanos inicialmente miraban con sospecha ciertos aspectos de la medicina griega. La lógica y la retórica eran importantes en los tribunales y en la arena política. Y la filosofía epicúrea y estoica afrontaban apremiantes cuestiones éticas y religiosas de interés. Pero la ciencia o la filosofía natural, más allá de lo básico, raramente eran valoradas excepto como divertimento. Esta situación queda vívidamente ilustrada por el hecho de que para los romanos la autoridad astronómica más celebrada fue Arato de Solos († 240 a.C.), cuyo poema sobre las constelaciones y el pronóstico del tiempo (*Fenómenos*) fue traducido al latín al menos cuatro veces, mientras que los trabajos técnicos de Eudoxo e Hiparco nunca estuvieron disponibles o fueron desconocidos.[5]

Así, la ciencia o la filosofía natural tal como la conocieron los romanos tendía a ser una versión limitada, divulgativa, de lo logrado por los griegos. Generaciones de historiadores han tratado de explicar el fracaso romano para dominar los aspectos más abstrusos o técnicos del saber griego en términos de inferioridad intelectual, debilidad moral o defecto de temperamento. A menudo se ha dicho que los romanos simplemente no tenían mentes teóricas, aunque después inmediatamente se añade (porque todos tienen que ser buenos en algo) que compensaban esta de-

5. Sobre Arato, véase *ibid.*, págs. 36-38. Stahl también es una de las mejores fuentes sobre la popularización romana de la ciencia griega.

ficiencia con talento administrativo y con la ingeniería.[6] De hecho, no existe misterio respecto al nivel o al grado de esfuerzo intelectual romano y no hay razón para sorprenderse o para la crítica. Siempre debemos recordar que la aristocracia romana consideraba el conocimiento, excepto en materias claramente utilitarias, como una actividad para el tiempo de ocio. Así, los romanos hicieron lo obvio: tomar prestado lo que les pareció interesante o útil. El que algunos griegos hubieran dedicado sus vidas a temas que eran abstractos, técnicos, no prácticos y (como algunos sin duda consideraron) aburridos, no era razón para que muchos romanos cometieran el mismo error. Los miembros de la clase alta romana tenían más o menos el mismo nivel de interés en los puntos más refinados de la filosofía natural griega que el promedio de políticos norteamericanos lo tiene en la metafísica y en la epistemología. A lo sumo, su deseo era, como el dramaturgo romano Ennio señaló, «estudiar filosofía pero con moderación».[7] La única sorpresa es que los historiadores hayan esperado que fuera de otra manera.

Divulgadores y enciclopedistas

He descrito las circunstancias en las que los miembros de las clases más altas romanas cultivaron la ciencia y la filosofía natural, y los factores que los motivaban. Ahora debo ilustrar la tradición intelectual resultante examinando los géneros específicos de la literatura latina que trataban temas científicos o configuraban el entorno intelectual en el que se cultivaba la ciencia, y revisando alguna de las obras más importantes.

Uno de los más conocidos y quizás el más influyente de los primeros divulgadores fue el estoico Posidonio (ca. 135-51 a.C.). Nacido en Siria de padres griegos, Posidonio estudió en Atenas y posteriormente llegó a dirigir la escuela estoica en la isla de Rodas. Ejerció una fuerte influencia indirecta sobre la vida intelectual romana a través de sus numerosos alumnos, uno de los cuales fue Cicerón. Pero también él viajó a Roma e impresionó personalmente a los romanos. Posidonio era lo más próximo a un erudito universal que podemos encontrar en el siglo I a.C. Estaba in-

6. Véase, por ejemplo, Arnold Reymond, *History of the Sciences in the Greco-Roman Antiquity*, trad. de Ruth Gheury de Bray, pág. 92.

7. Citado por Cicerón, *De re publica*, I.XVIII. 30, trad. de Clinton Walker Keyes (Londres, Heinemann, 1928), pág. 55.

teresado en la historia, la geografía, la filosofía moral y la filosofía natural y escribió extensamente sobre todas estas materias. Entre sus obras (todas escritas en griego) había comentarios al *Timeo* de Platón y a los *Meteorológicos* de Aristóteles. Lucrecio tomó mucho de este último al escribir *De la naturaleza de las cosas*.

Las obras de Posidonio no han sobrevivido, y por tanto nuestro conocimiento de ellas es de segunda mano, pero una de sus investigaciones más influyentes parece haber sido la determinación de la circunferencia de la Tierra, que primero calculó en 240.000 estadios (una estimación un poco menor que la de Eratóstenes) y después en 180.000. La importancia de esta cifra más baja está en que fue recogida por Ptolomeo, pasó a los lectores a través de su *Geografía* y fue usada en el siglo xv por Cristóbal Colón como base para su cálculo de la distancia entre España y las Indias.

Posidonio ejerció una influencia fundamental en escritores latinos, tales como Varrón (116-27 a.C.), ayudando de este modo a determinar la forma y el contenido de la educación y erudición en latín. Varrón, considerado por sus admiradores romanos como un erudito fenomenal, estudió en Roma y en Atenas. Resultó un escritor prolífico escribiendo en latín obras sobre distintos tópicos (alrededor de setenta y cinco títulos, casi todos ellos ahora perdidos). La más importante de éstas era una enciclopedia, *Los nueve libros de las disciplinas*, que iba a convertirse en un modelo y fuente para los enciclopedistas romanos posteriores. Una característica notable de las *Disciplinas* era su uso de las artes liberales (los temas considerados adecuados para la educación de un gentilhombre romano) como principios organizativos. Varrón identificó y dio una explicación básica de nueve de tales artes: gramática, retórica, lógica, aritmética, geometría, astronomía, teoría musical, medicina y arquitectura. La lista de Varrón, reducida por escritores posteriores que omitieron las dos últimas artes, pasó a definir las clásicas siete artes liberales de las escuelas medievales; las tres primeras pasarían a ser conocidas como el «trivio», y las restantes cuatro como «cuadrivio».[8]

Cicerón, contemporáneo y amigo de Varrón, tenía un conocimiento bastante elaborado de la filosofía griega, por haber estudiado con el es-

8. Para intentos de reconstruir el contenido científico de *Disciplinas* de Varrón, véanse Rawson, págs. 158-164; Stephen Gersh, *Middle Platonism and Neoplatonism: The Latin Tradition*, 2, págs. 825-840; William H. Stahl, Richard Johnson, y E. L. Burge, *Martianus Capella and the Seven Liberal Arts*, 1, págs. 44-53.

FIG. 7.2. *Cicerón*. Museo Vaticano. Ciudad del Vaticano. Alinari/Art Resource N. Y.

toico Posidonio, Fedro el epicúreo y los platónicos Filón de Larisa y Antíoco de Ascalón.[9] En su método intelectual, Cicerón fue muy influido por las tendencias escépticas que se habían desarrollado dentro de la escuela platónica. En particular, llegó a convencerse de que la probabilidad es lo máximo que se puede alcanzar en las materias filosóficas y, consecuentemente, que el mejor modo de descubrir la verdad era a través del escrutinio crítico de las opiniones del pasado. El producto de esta creencia fue una serie de diálogos en los que Cicerón presentaba las opiniones de sus maestros, amigos y escritores antiguos sobre distintos temas filosóficos. Para las opiniones de sus predecesores, especialmente de los más antiguos, Cicerón bebía de la literatura de los manuales existentes, incluyendo la tradición «doxográfica» (u «opinión») iniciada por Teofrasto.

De este modo, Cicerón se sirvió del, y contribuyó al, movimiento de divulgación. Proporcionó a sus lectores una exposición de la controversia

9. Cuando hablamos de «platónicos» en este periodo, siempre nos referimos a miembros de una u otra de las tradiciones filosóficas que emanaron de Platón y de la Academia. Muchos de estos «platónicos» defendían doctrinas que Platón habría repudiado. Para un análisis útil de la filosofía de Cicerón y su relación con la tradición platónica, véase Gersh, *Middle Platonism and Neplatonism*, 1, págs. 53-154.

reciente y contemporánea sobre las cuestiones filosóficas más importantes, incluidas algunas de las cuestiones que nos han ocupado en los capítulos anteriores: la naturaleza de la realidad subyacente, la fuente del orden en el universo, el papel de los dioses, la naturaleza del alma y el proceso del conocimiento. Su propia visión del mundo se construyó a partir de una combinación de Platón y elementos estoicos, y Cicerón se convirtió en una de las fuentes más importantes de la filosofía estoica para la Edad Media y los inicios del periodo moderno. Identificó a Dios con la naturaleza, a la naturaleza con el fuego y a los tres (Dios, naturaleza y fuego) con la fuerza activa responsable de la existencia, la actividad y la racionalidad del universo. Describió el ciclo cosmológico estoico de sucesivas conflagraciones y regeneraciones. Y defendió la idea de un estrecho paralelismo entre el macrocosmos (Dios y el universo) y el microcosmos (el individuo humano), afirmando que Dios mantiene la misma relación con la materia en el universo que el alma del hombre mantiene con el cuerpo humano. La analogía macrocosmos-microcosmos se convertiría en un elemento básico del pensamiento medieval y renacentista y en un tema central de los escritos astrológicos. Cicerón dedicó escasa atención a las ciencias matemáticas, que él consideraba valiosas principalmente por su capacidad de afinar el ingenio de los jóvenes. Sin embargo, su análisis del movimiento planetario en los cielos y su traducción del poema astronómico de Arato, *Fenómenos*, muestra que no estaba del todo desinformado y tenía un cierto interés en estos temas.

Uno de los contemporáneos de Varrón y Cicerón, Lucrecio (muerto en el 55 a.C.), escribió un largo poema filosófico, *De la naturaleza de las cosas*. En un cierto nivel, esta obra es la defensa de la filosofía natural epicúrea, que se propone superar el miedo a la muerte pregonando el poder explicativo de los átomos y el vacío. Sin embargo, dentro de este marco epicúreo básico, *De la naturaleza de las cosas* es enciclopédica en su alcance y popular en su nivel de presentación y elección de los detalles. Lucrecio analiza la infinidad de mundos, su creación y destrucción, y tiene en cuenta datos astronómicos básicos como la trayectoria del Sol alrededor del zodíaco, la desigualdad resultante de los días, y las fases de la Luna; asimismo, estudia la mortalidad del alma, la percepción sensorial, incluidos los engaños de los sentidos; el dormir, los sueños y el amor; los espejos y la reflexión de la luz; los orígenes de la vida animal y de las plantas, incluida una denuncia de la explicación teleológica en biología; los orígenes y la historia de la raza humana; y los fenómenos meteorológicos y geológicos extraordinarios, tales como el relámpago, el trueno, los terre-

motos, el arco iris, los volcanes y la atracción magnética. Lucrecio concluye con un relato de la gran peste de Atenas.[10]

Varrón, Cicerón y Lucrecio representan el florecimiento de la vida intelectual romana en los últimos días de la República. Otros que contribuyeron a esta empresa intelectual fueron Vitruvio (muerto en el 25 a.C.), un contemporáneo que escribió sobre arquitectura, y varios escritores del primer periodo imperial: Celso (fl. 25 d.C.), autor de una influyente enciclopedia médica, y el estoico Séneca (muerto en el 65 d.C.) que escribió sobre filosofía natural, incluida la meteorología (esta parte de su obra es muy dependiente de Posidonio).[11]

Sin embargo, el hombre universalmente considerado como el pináculo del movimiento divulgador es Plinio el Viejo (23/24-79 d.C.). Es la figura central en la mayoría de las historias de la ciencia romana, y también nosotros debemos examinar brevemente su obra. Nació en el norte de Italia, entre la nobleza provinciana, y se educó en Roma. Después de una brillante carrera militar (una vía de progreso para un hombre de la extracción social de Plinio) dedicó sus esfuerzos al campo literario y acabó al servicio de los emperadores Vespasiano y Tito. Escribió varios libros sobre la historia de Roma y sus guerras, un libro sobre gramática y la obra que ahora sustenta su fama, la *Historia natural*, dedicada a Tito.

La *Historia natural* es un trabajo notable, que resiste a una caracterización sencilla, y realmente hay que leerlo para apreciarlo.[12] Plinio tenía un voraz apetito de información. En el prefacio de la *Historia natural*, informa de que él y sus ayudantes leyeron con atención dos mil volúmenes de unos cien autores y que extrajeron de ellos unos veinte mil hechos. Parece que Plinio elaboró un sistema de cartulinas de notas de modo que podía ordenar manualmente sus veinte mil informaciones. Las cartulinas fueron organizadas por temas y reunidas para formar la *Historia natural*.[13]

10. Sobre Lucrecio, véase Stahl, *Roman Science*, págs. 80-83.

11. Sobre estos autores, véanse Stahl, *Roman Science*, cap. 6; Gersh, *Middle Platonism and Neoplatonism*, cap. 3; y los artículos pertinentes en el *Dictionary of Scientific Biography*. Sobre Séneca, véase también *Physical Science in the Time of Nero: Being a Translation of the «Quaestiones Naturales» de Seneca*, trad. de John Clarke. Para Celso, véase su *On Medicine*, trad. de W. G. Spencer.

12. Véanse los artículos en Roger French y Frank Greenaway (comps.), *Science in the Early Roman Empire: Pliny the Elder, His Sources and Influence*; también Stahl, *Roman Science*, cap. 7; para un análisis más antiguo, pero más completo, véase Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science*, 1, págs. 41-99.

13. Sobre el método de Plinio, véase A. Locher, «The Structure of Pliny the Elder's Natural History».

La energía con la que procedió Plinio es asombrosa. Su sobrino nos dice que se levantaba a medianoche y que trabajaba casi veinticuatro horas leyendo o haciéndose leer, tomando o dictando notas. Si queremos entender el logro de Plinio es importante que captemos su fascinación por los datos fácticos. Aunque en la *Historia natural* Plinio ofrece a veces explicaciones de fenómenos naturales, su meta no era ofrecer una filosofía natural exhaustiva, cuidadosamente razonada, sino crear un vasto depósito de información interesante y entretenida, un libro, nos dice su sobrino, «no menos variado que la propia naturaleza».[14]

Además, el propósito de Plinio era inspeccionar el universo y los objetos naturales que lo pueblan. Dedicó setenta y dos páginas (en una traducción inglesa moderna) simplemente a una lista de contenidos de la *Historia natural* y a las autoridades consultadas. Entre los temas tratados estaban la cosmología, astronomía, geografía, antropología, zoología, botánica y mineralogía. Plinio tenía olfato para elegir materias de interés inusual, y a menudo ha sido descrito primariamente como un proveedor de maravillas. Y, desde luego, las maravillas no escasean en las páginas de su *Historia natural*. Plinio informa de una serie de portentos celestes (incluidos múltiples soles y lunas), rayos provocados por plegarias y rituales, el más grande terremoto del que conserva memoria el hombre (que demolió doce ciudades en Asia), el sacrificio humano entre las tribus transalpinas, un muchacho del que se dice que ha sido llevado regularmente de ida y vuelta a la escuela a espaldas de un delfín, exóticas razas de monstruos (incluidos los Arimaspi, que tienen un ojo en el centro de su frente), los Ilirios, que matan con una mirada del ojo malo, y los Monocoli, que tienen una sola pierna pero que sin embargo la utilizan para saltar con notable rapidez).[15]

Del mismo modo que sería un error pasar por alto el elemento portentoso en la *Historia natural* de Plinio, también lo sería ignorar lo más prosaico y común. La explicación de Plinio sobre la astronomía y la cosmología es un ejemplo de esto último.[16] Describe las esferas celeste y terrestre y los círculos usados para trazar los mapas de éstas. Sabe que los planetas se mueven a través de la banda del zodíaco de oeste a este, y co-

14. Plinio el Joven, *Letters*, trad. de William Milmoth, revisado por W. M. L. Hutchinson, III.5.1, pág. 198.

15. *Natural History*, II.25-37, II.54, II.86; VII.2, IX.8.

16. *Natural History*, II.6-22; Olaf Pedersen, «Some Astronomical Topics in Pliny»; y Bruce S. Eastwood, «Plinian Astronomy in the Middle Ages and Renaissance».

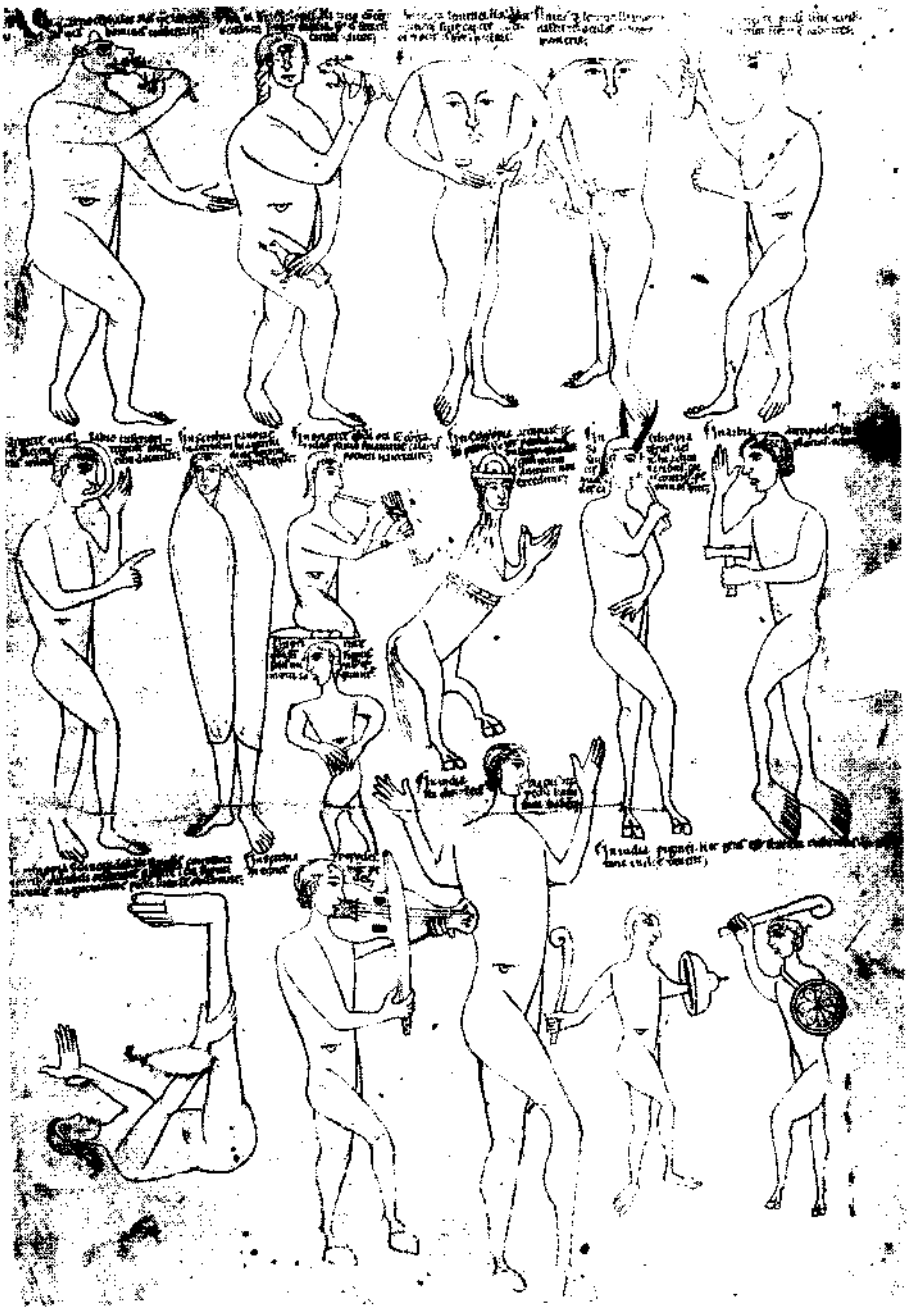


FIG. 7.3. *Las razas de monstruos de Plinio*. British Library, MS Harley 2799, fol. 243r (siglo XII). Con permiso de la British Library.

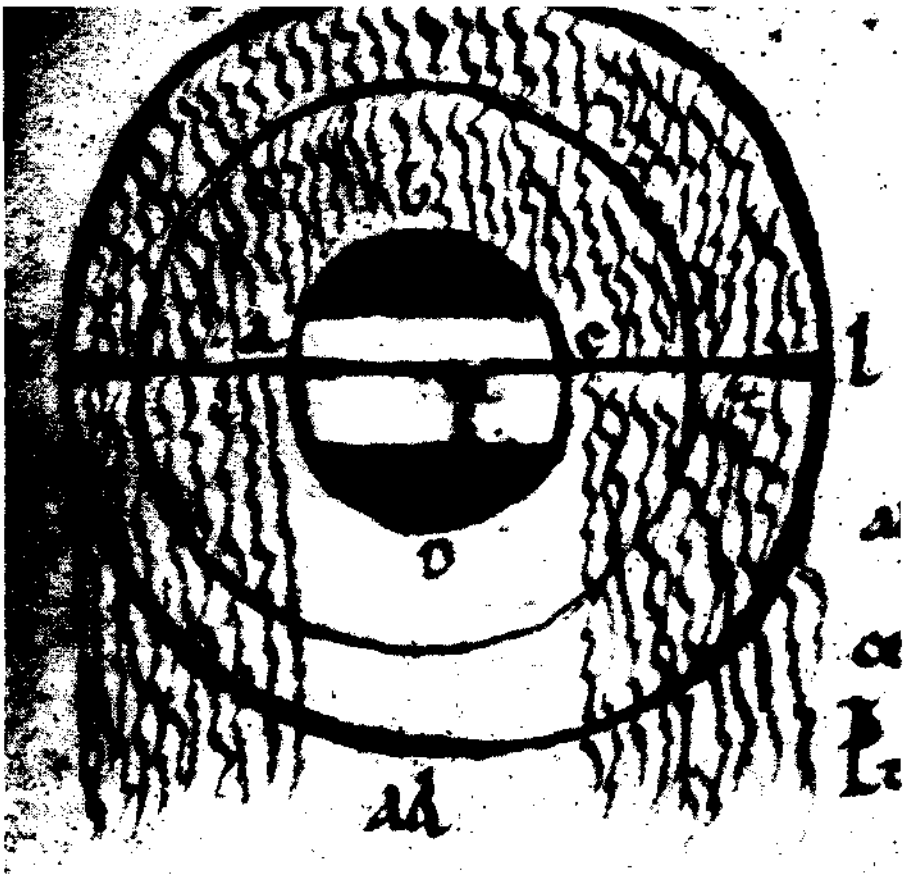


FIG. 7.4. *Teoría de Macrobio sobre la lluvia. Un escriba del siglo* XIII *intenta ilustrar el argumento de Macrobio según el cual si no asumimos que la lluvia cae hacia el centro de la Tierra por un radio, debemos aceptar la ridícula consecuencia de que la porción de ésta que no encuentra la Tierra se vería a sí misma subiendo hacia el otro hemisferio de los cielos.* British Library, MS Egerton 2976, fol. 49v (siglo XIII). Con permiso de la British Library. Sobre esta ilustración y el argumento que la acompaña, véase John E. Murdoch, *Album of Science: Antiquity and the Middle Ages*, págs. 282-283.

noce los periodos aproximados con los que lo hacen; describe las retrocesiones planetarias e informa de que Mercurio y Venus permanecen dentro de un ángulo de 22° y 46°, respectivamente, respecto al Sol. Discute el movimiento, fases y eclipses de la Luna; y entiende los eclipses lunares y solares como una función de las dimensiones relativas de los cuerpos involucrados y las sombras que consecuentemente arrojan. Con respecto a las dimensiones de la Tierra, Plinio informa del valor de Eratóstenes, 250.000 estadios, para su circunferencia. De este modo, Plinio informa de elementos básicos de conocimiento astronómico y cosmológico, aunque no siempre es fiable y ciertamente no llega a los estándares del astrónomo matemático. Ni siquiera tomaba sus datos de la tradición de la astronomía matemática (por ejemplo, las secciones astronómicas de la *Historia natural* no ponen de manifiesto la influencia de Hiparco) ni escribe para un auditorio de especialistas en astronomía. Simplemente se esforzaba por transmitir lo estrictamente indispensable a un público no interesado o no preparado para afrontar la complejidad observacional o matemática.

Plinio no era el típico erudito romano. Lo que resulta más obvio es que nadie le igualaba en la energía y dedicación a la tarea de recopilar información. Además el abarcamiento de la suya fue considerablemente mayor que el de cualquier predecesor romano (incluido Varrón, que se autolimitó a las nueve artes). En el prefacio a la *Historia natural*, Plinio señala, correctamente, que él es el primero en intentar tratar todo el mundo natural en una única obra. Y, finalmente, Plinio superó a la mayoría de sus predecesores y contemporáneos en la superficialidad de su tratamiento. No obstante, sirve como una medida útil de lo que podía esperarse que supiera el romano culto, después de Plinio, si no antes. Y el hecho de que la *Historia natural* sobreviviera, mientras que muchas otras obras de divulgación no lo hicieran, ayudó a determinar el nivel y el contenido del saber de los inicios del medioevo.

Hasta aquí nos hemos concentrado en la literatura romana de naturaleza enciclopédica en los intentos de recoger en una sola obra grandes cantidades de información sacada de muchas fuentes diferentes. Pero Roma también vio el desarrollo de una tradición de comentarios, en la que la narración tomaba su estructura y en buena parte su contenido de un único texto autorizado. Esta tradición ilustra la antigua tendencia a identificar ciertos textos venerables o privilegiados como depósitos de conocimiento y de medir el saber según la habilidad de leer e interpretar estos textos. Un ejemplo importante de la tradición romana del comentario es el *Comentario al Sueño de Escipión*, de Macrobio (que floreció en la

primera mitad del siglo v, unos 350 años después de Plinio). Esta obra, que empleó el *Sueño de Escipión* de Cicerón como vehículo para una exposición de la filosofía neoplatónica, gozó de una enorme difusión en los comienzos de la Edad Media. No examinaremos su contenido excepto para hacer notar que en éste Macrobio expone una filosofía de la naturaleza completa, ampliamente platónica en su inspiración, que incluye secciones sustanciales sobre aritmética, astronomía, y cosmología.[17]

Hay que mencionar un último compilador romano, porque nos ofrece una visión de las artes matemáticas en el nivel más alto que alcanzaban en las escuelas del Imperio romano tardío, y también debido a que su libro se convirtió en uno de los textos escolares más populares de la Edad Media. Probablemente Marciano Capella fue norteafricano, de la ciudad de Cartago. De este modo nos sirve, además, para recordar la fuerza de la tradición erudita en las provincias romanas, especialmente las del norte de África, durante los últimos años del Imperio. Se acostumbra a ubicar a Marciano en el periodo 410-439, pero los datos son escasos. Su libro, que tan influyente resultó, es una alegoría, titulada *Las nupcias de Filología y Mercurio*, en el que siete damas de honor ofrecen visiones de conjunto de sus respectivas artes liberales para los invitados a una ceremonia matrimonial celestial.[18]

La primera de las artes matemáticas que se presenta es la geometría. Por boca de la dama de honor Geometría, Marciano expone brevemente los puntos más importantes de los *Elementos* de Euclides, incluidas la mayoría de las definiciones, todos los postulados y tres de los cinco axiomas con los que empieza la obra (véase el capítulo 5). Analiza y clasifica el plano y las figuras sólidas, incluidos los cinco sólidos regulares de Platón; define los ángulos rectos, agudos y obtusos; alude a la proporcionalidad, la conmensurabilidad y la inconmensurabilidad. Pero el grueso de este capítulo está dedicado a una disertación sobre la geografía, basada en Plinio y otros. Marciano empieza con pruebas de la esfericidad de la Tierra; un informe del valor dado por Eratóstenes a la circunferencia de la Tierra, acompañado por una explicación defectuosa del método de cál-

17. Gersh, *Middle Platonism and Neoplatonism*, cap. 7; Macrobio, *Commentary on the Dream of Scipio* [*Comentario al Sueño de Escipión*], trad., introducción y notas de William H. Stahl; Stahl, *Roman Science*, págs. 153-169.

18. Sobre Marciano, véase Stahl y otros, *Martianus Capella*, 1, págs. 9-20. Este trabajo también contiene una traducción completa de *The Marriage of Philology and Mercury*, [*Las nupcias de Filología y Mercurio*] con comentarios.

culo de Eratóstenes; y argumentos para la centralidad de la Tierra en el universo. Analiza las cinco zonas climáticas y la división del mundo habitable en tres continentes (Europa, Asia y África), y procede a ofrecer un paseo extremadamente rápido por el mundo conocido (básicamente una versión reducida del análisis similar de Plinio). A continuación viene la aritmética. Marciano empieza con una exposición, muy pitagórica en su tono, sobre los primeros diez números, explicando las virtudes y asociaciones de cada uno, las deidades con las que están conectados y sus interrelaciones. Por ejemplo, el tres

> es el primer número impar [para Marciano el uno no cuenta como impar], y debe considerarse perfecto. Es el primero que admite un principio, un medio y un final y asocia un término medio central con los extremos inicial y final, con iguales intervalos de separación. El número tres representa las hadas y las hermanadas Gracias; y una cierta virgen que, como dicen, «es la que gobierna el cielo y el infierno», es identificada con este número. Una indicación adicional de su perfección es que este número engendra los números perfectos seis y nueve. Otra muestra de su respetabilidad es que las plegarias y libaciones se ofrecen tres veces. Los conceptos del tiempo tienen tres aspectos; consecuentemente, las adivinaciones se expresan con treses. El número tres también representa la perfección del universo. [...][19]

Marciano procede a la clasificación de los números y a un análisis de lo que nosotros consideraríamos sus propiedades puramente matemáticas. Define los números como primo (no divisible por ningún número excepto por el 1) o compuesto; par o impar; plano y sólido; deficiente o superabundante. Los números perfectos, por ejemplo, son aquellos en los que la suma de los factores iguala al número ($1 + 2 + 3 = 6$). Los números deficientes son aquellos cuya suma de factores es menor que el número ($1 + 2 + 7 < 14$). Marciano también define y clasifica varias razones o proporciones. Por ejemplo, la razón de 8 a 6 es supertertius, debido a que el primer número es un tercio más grande que el segundo; y la razón de 6 a 8 es subtertius por un razonamiento similar.

Marciano empieza su explicación de la astronomía con una referencia a Eratóstenes, Hiparco y Ptolomeo, hombres cuya reputación conocía, pero cuyos trabajos indudablemente no había visto jamás. Su capí-

19. *Ibid.*, 2, pág. 278.

tulo sobre astronomía incluye información cosmológica y astronómica básica, probablemente tomada de Varrón, Plinio y otras fuentes.[20] Define la esfera celeste y sus círculos más importantes. Describe el zodíaco, que divide en 12 signos de 30° cada uno. Nombra y cataloga las constelaciones más importantes. Identifica los tradicionales siete planetas y describe sus principales movimientos con más sofisticación de la que era usual en la literatura de los manuales. Por ejemplo, muestra un detallado conocimiento de los periodos aproximados de su movimiento de oeste a este a lo largo de la eclíptica y comprende bien los movimientos de retrogradación de los planetas superiores. Una de las características más interesantes e influyentes de este capítulo es el análisis que hace Marciano de los planetas inferiores, Mercurio y Venus, que él cree que se mueven con órbitas centradas en el Sol (véase la figura 7.5). Mil cien años más tarde, Copérnico citaría a Marciano en apoyo de esta característica de su propio sistema.[21]

Traducciones

En los primeros años del contacto cultural entre Roma y sus vecinos griegos (que pronto iban a ser sojuzgados), no hubo problema de acceso a la cultura. Un bilingüismo muy difundido, las amplias oportunidades de viajar o estudiar en el extranjero y la amplia disponibilidad de maestros griegos proporcionaron a los romanos cultos los medios con los que participar en la tradición intelectual griega. Para los menos dotados lingüísticamente o de más modestas aspiraciones, había obras de divulgación en latín y unas pocas traducciones. Entre estas últimas ya hemos mencionado las traducciones que hizo Cicerón del *Timeo* de Platón y de los *Fenómenos* de Arato.

Hacia finales del siglo II d.C., las condiciones que habían favorecido la erudición y el saber empezaron a decaer. Dos siglos de paz y estabilidad dieron lugar, tras la muerte del emperador Marco Aurelio (180 d.C.), al desorden político, la guerra civil, la decadencia urbana y el desastre

20. Ha habido una considerable discusión sobre las fuentes del conocimiento astronómico de Marciano. Véase *ibid.*, 1, págs. 50-53; Eastwood, «Plinian Astronomy in the Middle Ages and Renaissance», págs. 198-199.

21. Sobre la teoría de Marciano respecto a los planetas inferiores y su historia posterior, véase Bruce Eastwood, «Kepler as Historian of Science: Precursors of Copernic Heliocentrism according to *De revolutionibus* I, 10».

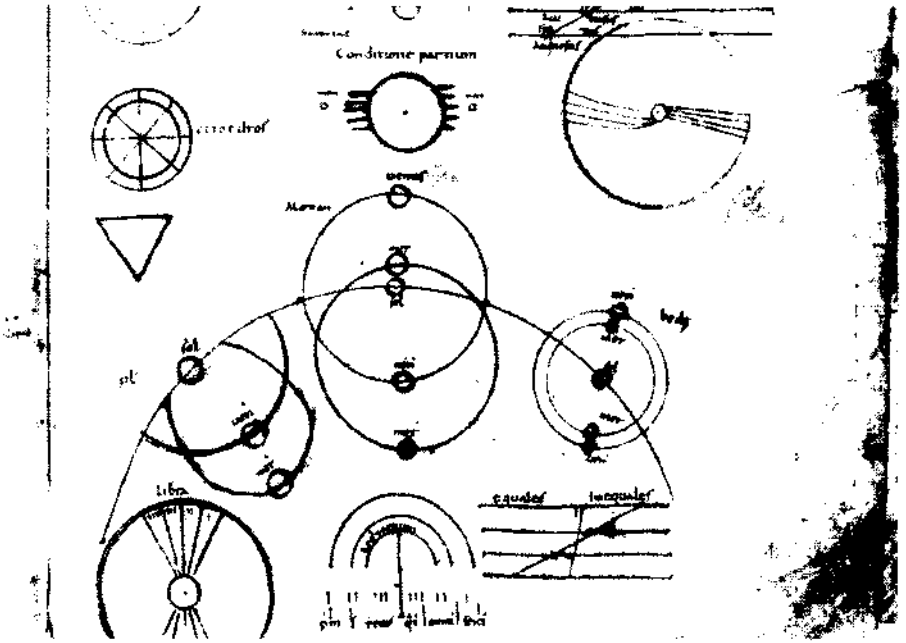


FIG. 7.5. *Marciano Capella, sobre los movimientos de Venus y de Mercurio. Varios intentos de captar la teoría de Marciano de los movimientos de Venus y Mercurio en relación con el del Sol. El dibujo del centro sitúa correctamente a Venus y Mercurio sobre órbitas centradas en el Sol.* De una copia del siglo IX de *Las nupcias de Filología y Mercurio*, de Marciano. París, Bibliothèque Nationale, MS Lat. 8671, fol. 84r.

económico final. Empezando hacia el 250, el ataque y la invasión de los bárbaros en las fronteras del imperio se convirtió en una amenaza añadida. Los resultados de estos eventos incluyeron la pérdida de vitalidad económica y política y el deterioro general de las condiciones de vida, particularmente entre las clases altas. Los problemas económicos, exacerbados por una inadecuada provisión del trabajo de esclavos y la despoblación general (como resultado de la peste, la guerra y una tasa decreciente de natalidad), contribuyeron a la pérdida del ocio, un prerrequisito imprescindible para un serio esfuerzo cultural. Un problema adicional que afectaba a la cultura en Occidente era la progresiva pérdida de comunicación con el Oriente griego. Hacia finales del siglo III, y de nuevo en el siglo IV, el imperio fue administrativamente dividido en las mitades oriental y occidental. Progresivamente, estas dos mitades hicieron sus caminos

por separado, y el Occidente latino perdió gradualmente su contacto vital con el Oriente griego.

En estas circunstancias, la continuidad intelectual entre Oriente y Occidente se rompió. En las regiones occidentales del Imperio romano el bilingüismo decayó, como lo hizo la alfabetización básica, y los problemas de acceso al saber griego empezaron a dejarse sentir. No estoy sugiriendo que hubiera una completa ruptura, sino sólo que la conexión empezó a ser más escasa y precaria. En los últimos días del Imperio romano, varios hombres, conscientes de la creciente amenaza, trataron de disminuir su impacto traduciendo algo de lo más fundamental de la literatura filosófica griega al latín. Dos de estos hombres tienen una importancia especial para la historia de la ciencia.[22]

Sobre Calcidio, el primero de los dos, no sabemos prácticamente nada. Incluso su datación es incierta, aunque varios tipos de razones sugieren que pudo haber vivido a finales del siglo IV.[23] En todo caso, tradujo el *Timeo* de Platón del griego al latín, y fue su versión de este tratado, más que la de Cicerón, la que sobrevivió en la Edad Media y llegó a identificarse con el platonismo medieval. Acompañando la traducción había un largo comentario en el que Calcidio utilizó la tradición doxográfica y distintos filósofos de la antigüedad tardía para explicar y elaborar las ideas cosmológicas de Platón.

El otro traductor, Boecio (480-524), vivió más de un siglo después, tras la caída de Roma bajo el dominio bárbaro. Nacido entre la aristocracia romana, Boecio participó en los asuntos de Estado y fue designado para altos cargos políticos en el régimen de Teodorico el ostrogodo. Después fue acusado de traición y ejecutado. No sabemos nada sobre la educación de Boecio pero su carrera da testimonio de que continuaban existiendo al menos fragmentos de la tradición intelectual griega entre la clase senatorial romana. Tal como él mismo nos dice, Boecio se propuso hacer accesible en latín todo lo que cayera en sus manos de Platón y Aristóteles, y además reconciliar sus filosofías. Consiguió traducir varios tratados lógicos de Aristóteles (que llegaron a ser colectivamente conocidos como la «lógica antigua»), los *Elementos* de Euclides y la *Introducción a la lógica de Aristóteles* de Porfirio. Además, Boecio escribió manuales, basados en

22. Para una lista de otros traductores y sus traducciones, véase Marshall Clagett, *Greek Science in Antiquity*, págs. 154-156.

23. Sobre esta cuestión, véase Gersh, *Middle Platonism and Neoplatonism*, págs. 421-434. Gersh también analiza la posición filosófica de Calcidio.

fuentes griegas, sobre varias artes liberales, incluidas la aritmética y la música.[24]

Cuando Boecio fue ejecutado, en el 524, a Occidente le habían cortado en gran parte la comunicación con la ciencia y la filosofía natural griegas originales. Poseía el *Timeo* de Platón, algunas obras lógicas de Aristóteles y alguna que otra migaja más —ninguna de las cuales, con toda probabilidad, tuvo una amplia difusión. Más allá de esto, su conocimiento del logro griego se limitaba a comentarios, manuales, compendios y enciclopedias. Roma alcanzó a preservar y transmitir la tradición intelectual griega sólo en una versión escuálida y limitada.

El papel del cristianismo

Hay una parte de este cuadro que hasta aquí no hemos tomado en consideración. El cristianismo pasó de ser una pequeña secta judía en un remoto rincón del Imperio romano a convertirse en la principal fuerza religiosa del siglo III y la religión del Estado a finales del siglo IV. Este libro no es el lugar para indagar los detalles de este extraordinario desarrollo. Lo que es importante para nuestros propósitos es el hecho de que el cristianismo llegó a tener un poderoso papel religioso en el Imperio romano tardío. A partir de este hecho se sigue la pregunta que debemos plantearnos, es decir, ¿cómo afectó el dominio del cristianismo al conocimiento de, y a las actitudes hacia, la naturaleza? La respuesta estándar desarrollada en los siglos XVIII y XIX y ampliamente propagada en el siglo XX, mantiene que el cristianismo presentó serios obstáculos al avance de la ciencia y, de hecho, precipitó la actividad científica a una caída en barrena de la que no se recuperó en más de un millar de años. La verdad, como veremos, es muy diferente y mucho más complicada.[25]

Uno de los cargos que frecuentemente se esgrimen contra la Iglesia es que fue claramente anti-intelectual, que las autoridades de la Iglesia preferían la fe a la razón y la ignorancia a la educación. De hecho, esto es una

24. Sobre Boecio, véanse Lorenzo Minio-Paluello, «Boetius, Anicius Manlius Severinus», *Dictionary of Scientific Biography*, 2, págs. 228-236; Gersh, *Middle Platonism and Neoplatonism*, cap. 9; y Clagett, *Greek Science in Antiquity*, págs. 150-153.

25. Sobre este tema, véase David C. Lindberg, «Science and the Early Church», que contiene más bibliografía; también Lindberg, «Science as Handmaiden: Roger Bacon and the Patristic Tradition». Para una breve historia de la Iglesia primitiva, véase Henry Chadwick, *The Early Church*.

distorsión considerable. Aunque parece que al principio el cristianismo atrajo a los pobres y desasistidos, pronto alcanzó las clases altas, incluida la culta. Los cristianos rápidamente se dieron cuenta de que si la Biblia tenía que ser leída, había que estimular la alfabetización, y a largo plazo el cristianismo se convirtió en el principal mecenas de la educación europea y en el principal prestatario de la tradición intelectual clásica. Es bastante natural que el tipo y el nivel de educación y de esfuerzo intelectual favorecido por los padres de la Iglesia fuera el que apoyaba la misión de la Iglesia tal como ellos la entendían.

Cuando la Iglesia desarrolló una tradición intelectual seria, como lo hizo en los siglos II y III, las fuerzas directrices fueron la defensa de la fe cristiana contra los oponentes cultos (una empresa conocida como «apologética») y el desarrollo de la doctrina cristiana. Para tales propósitos, las herramientas lógicas desarrolladas dentro de la filosofía griega resultaban indispensables. Además, algunos aspectos de la filosofía platónica parecían corresponderse bien con, y por tanto apoyar, la enseñanza cristiana. Por ejemplo, Platón había defendido incondicionalmente la divina providencia y la inmortalidad del alma. Mejor aún, el Demiurgo de Platón se parecía mucho a una respuesta monoteísta frente a los múltiples dioses del politeísmo pagano. Y, forzándolo sólo un poco, este Demiurgo podía ser visto como el Dios creador cristiano. De este modo, en los siglos II y III encontramos una serie de apologistas cristianos haciendo de la filosofía griega, especialmente de la platónica, un uso cristiano.[26]

Pero este desarrollo no gustó a todos. Algunos cristianos consideraban la tradición filosófica griega más como una fuente de error que de verdad. Por cada Platón, autor de una filosofía compatible con la teología cristiana, había un Aristóteles y un Epicuro, cuyas visiones del mundo eran diametralmente opuestas a la doctrina cristiana en puntos de crucial importancia. Tertuliano (ca. 155-ca. 230), natural de Cartago, en el África romana, denunció la filosofía como una fuente de herejía y advirtió contra aquellos que tratan de construir la doctrina cristiana a partir de materiales estoicos o platónicos. Sin embargo, una actitud más típica fue la de Agustín (354-430), otro norteafricano, que aceptó la filosofía griega como instrumento útil, si bien no perfectamente fiable. Según el influyente

26. Véase especialmente Henry Chadwick, *Early Christian Thought and the Classical Tradition*; Charles N. Cochrane, *Christian and Classical Culture;* A. H. Armstrong y R. A. Markus, *Christian Faith and Greek Philosophy.*

punto de vista de Agustín, la filosofía tenía que ser la sierva de la religión, no debía ser aplastada, sino cultivada, disciplinada y utilizada.

Ahora bien, la filosofía natural no podía ser separada del resto de la filosofía y, por tanto, compartió el destino del todo más amplio del que formaba parte. Como la filosofía en general, fue objeto de distintas evaluaciones por parte de las autoridades intelectuales de la Iglesia primitiva, que iban desde la desconfianza y la aversión al aprecio y el entusiasmo, el mismo espectro de opiniones que encontramos en los círculos paganos. Agustín, que en buena medida determinó las actitudes medievales, advirtió a sus lectores de que pusieran sus corazones en lo celestial y eterno, en lugar de en lo terrestre y temporal. No obstante, reconoció que lo temporal podía servir a lo eterno proporcionándole un conocimiento sobre la naturaleza que contribuyera a la interpretación adecuada de la Escritura y al desarrollo de la doctrina cristiana. Y en sus propias obras, incluidas las teológicas, Agustín hizo gala de un sofisticado conocimiento de la filosofía natural griega. La filosofía natural, como la filosofía más en general, tenía que ejercer funciones de sierva.[27]

Si esto representa un golpe contra la empresa científica o un modesto, pero bienvenido, apoyo a ésta depende mucho de las actitudes y expectativas con que uno afronte la cuestión. Si comparamos la Iglesia primitiva con una universidad moderna de investigación o con la National Science Foundation, resultará que la Iglesia fracasó estrepitosamente como apoyo de la ciencia y la filosofía natural. Pero una comparación de este tipo es obviamente injusta. Si, por el contrario, comparamos el apoyo dado al estudio de la naturaleza por la Iglesia primitiva con el apoyo disponible desde cualquier otra institución social contemporánea, resultará evidente que la Iglesia fue uno de los principales mecenas —quizás *el* principal mecenas— del saber científico. Su mecenazgo puede haber sido limitado y selectivo, pero el mecenazgo limitado y selectivo es mejor que ningún mecenazgo en absoluto.

Pero un crítico decidido a ver a la Iglesia primitiva como un obstáculo para el progreso científico puede argüir que el estatus de sierva concedido a la filosofía natural es inconsistente con la existencia de la genuina ciencia. La verdadera ciencia, mantendría este crítico, no puede ser sierva de

27. El uso del género femenino (sierva en lugar de criado) en la metáfora de Agustín puede interesar a algunos. La elección de Agustín no tiene nada que ver con las nociones de inferioridad femenina, sino que deriva simplemente del género (gramaticalmente hablando) del nombre latino *philosophia*. El ama, *theologia*, también es femenino.

nada, sino que debe poseer total autonomía. Consecuentemente, la ciencia «disciplinada» que Agustín solicitaba no es ciencia en absoluto. La respuesta apropiada es que la ciencia totalmente autónoma es un ideal atractivo, pero nosotros no vivimos en un mundo ideal. Muchos de los desarrollos más importantes en la historia de la ciencia han sido producidos por gente comprometida no con la ciencia autónoma, sino con la ciencia al servicio del alguna ideología, programa social o fin práctico. En la mayor parte de su historia, la cuestión no ha sido *si* la ciencia funcionará como sierva, sino a *qué* ama servirá.

La educación romana y de principios de la Edad Media

Uno de los modos en los que la Iglesia se convirtió en mecenas del saber fue a través de la creación y mantenimiento de escuelas. Ya hemos aludido a la educación en Roma. Observemos más de cerca las escuelas romanas, y después las que surgieron en los inicios de la Edad Media que las reemplazaron.[28]

En Roma, generalmente la educación primaria era una función desempeñada en el hogar, presidida por un padre o tutor, que enseñaba al niño (empezando alrededor de los siete años) a leer, escribir y calcular. Las escuelas primarias organizadas también existían para aquellos que las necesitaban o preferían. La educación de las niñas se detenía en este punto. Si un niño estaba destinado a una educación adicional, sería enviado alrededor de los doce años a estudiar gramática latina y literatura (especialmente poesía) con un gramático. El estudio de la literatura impartía no sólo técnicas de escritura y conocimiento de las formas literarias, sino también, a través del contenido de las obras estudiadas, una sólida cultura general. El estudio posterior, alrededor de los quince años, exigía conocimientos de retórica en una escuela de retórica. Aquí el estudiante se preparaba para la carrera en política o en leyes, dominando la teoría y las técnicas de hablar en público. Ir más allá de este nivel de educación significaba embarcarse en estudios avanzados con un filósofo. Esto era posi-

28. Sobre la educación romana, véase especialmente Stanley F. Bonner, *Education in Ancient Rome*; también H. I. Marrou, *A History of Education in Antiquity*; N. G. Wilson, *Scholars of Byzantium*, esp. págs. 8-27; y Robin Barrow, *Greek and Roman Education*; Sobre la educación a principios de la Edad Media, véanse Pierre Riché, *Education and Culture in the Barbarian West, Sixth through Eighth Centuries*; y M. L. W. Laistner, *Thought and Letters in Western Europe, A. D. 500-900*, nueva ed., caps. 2-3.

ble para aquellos con excepcionales medios o ambición, pero se hacía exclusivamente en Grecia. En estos marcos educativos, la filosofía natural y las ciencias matemáticas recibirían sólo una atención limitada. Probablemente harían acto de presencia en la enseñanza del gramático o del retórico. Podían figurar de modo algo más prominente en la enseñanza del filósofo. Pero la instrucción raramente superaba el nivel alcanzado en *Las nupcias de Filología y Mercurio* de Marciano Capella.

La educación romana empezó como un actividad privada, dependiente de la iniciativa de los padres y maestros. Las escuelas se ubicaban en distintos lugares, incluidos los hogares, talleres alquilados, edificios públicos y al aire libre. Con el tiempo, se desarrolló un sistema de apoyo municipal e imperial, que estableció plazas pagadas para los maestros en la mayoría de las ciudades importantes, no sólo en Italia, sino también en provincias como España, Galia y el norte de África. Las plazas pagadas fueron concedidas a gramáticos y retóricos, y ocasionalmente también a filósofos. En el momento de su cenit, Roma alardeaba de un sistema educativo que proporcionaba una impresionante cantidad de oportunidades educativas a los miembros de las clases altas de todo el imperio.

A medida que el imperio declinó, lo hizo su programa educativo. La invasión, el desorden civil y el colapso económico deterioraron las condiciones que habían favorecido las escuelas y la educación. Particularmente crítica fue la pérdida de la vitalidad urbana y el declive en tamaño, afluencia e influencia de las clases altas de las que siempre se habían alimentado las escuelas. El desinterés y el abandono por parte de las tribus germánicas que invadieron el imperio en los siglos IV y V fueron factores que contribuyeron de una manera decisiva. Sin embargo, el deterioro fue gradual, no repentino, especialmente en regiones que limitaban con el Mediterráneo. La Britania romana y el norte de la Galia perdieron contacto rápidamente con la tradición clásica, pero las escuelas y la vida intelectual continuaron existiendo (si no prosperando) en Roma, el norte de Italia, el sur de la Galia, España y el norte de África.

La relación del cristianismo con la muerte de la educación clásica constituye un problema extremadamente difícil y complejo. Cómo hemos visto, había autoridades de la Iglesia que estaban muy preocupadas por el contenido pagano de la educación clásica y que denunciaron las escuelas como una amenaza. La literatura estudiada en las escuelas era a menudo politeísta y, desde los criterios cristianos, inmoral. Ciertamente ésta no tenía las cualidades edificantes de, digamos, los Salmos o el sermón de la montaña de Jesús. Por lo tanto, podríamos suponer que la Iglesia se puso

en movimiento rápidamente para establecer un sistema educativo alternativo, cristiano. O, si no lo hizo, entonces podríamos esperar que, cuando el cristianismo se convirtió en la religión del Estado, las escuelas paganas hubieran sido radicalmente transformadas en instituciones cristianas. Sin embargo, no ocurrió nada de eso. El hecho es que la mayoría de los padres de la Iglesia primitiva valoraron su propia educación clásica y, a la vez que reconocían sus deficiencias y peligros, no pudieron concebir una alternativa viable a ésta. Consecuentemente, en lugar de repudiar la cultura clásica de las escuelas, se esforzaron por apropiársela y construir sobre ella. Un número importante de cristianos continuó enviando a sus hijos a las escuelas romanas. Y los cristianos cultos participaban en estas escuelas como profesores de gramática, retórica y filosofía (de modo muy parecido a como los religiosos participan en la educación secular moderna) permitiendo, sin duda, que sus creencias y sentimientos cristianos influyeran en el currículum hasta un cierto grado, pero sin apartarse fundamentalmente de la tradición clásica. En cuanto al clero, se extraía de personas que ya habían completado los estudios de gramática, y quizás de retórica. Entonces su educación teológica y doctrinal tendría lugar informalmente, a través de un proceso de aprendizaje, o posiblemente en una escuela episcopal organizada por un obispo para la formación de los conversos y el futuro clero.

Pero la participación en las escuelas no era lo mismo que el entusiasmo incondicional y el apoyo total. La Iglesia siguió siendo profundamente ambivalente y estaba muy dividida respecto a la conveniencia de la educación clásica y, aunque deseosa de utilizar las escuelas, no era probable que se desviara de su camino para salvarlas de las distintas fuerzas que las empujaban hacia la extinción, especialmente si se le presentaba una alternativa aceptable. Tal alternativa surgió en el siglo v como un subproducto del monacato.

El monacato cristiano apareció en Occidente a lo largo del siglo iv. Los monasterios se diseminaron rápidamente, proporcionando retiros para los cristianos que deseaban alejarse del mundo en busca de la santidad. En el siglo vi, san Benito († ca. 550) estableció un monasterio en Monte Cassino, al sur de Roma, y redactó una reglas que gobernaban las vidas de los monjes que se instalaban allí, reglas que llegaron a ser ampliamente adoptadas en el monacato occidental. La regla benedictina dictaba todos los aspectos de la vida del monje y la monja, obligándolos a dedicar la mayor parte de sus horas de vigilia al culto, la contemplación y el trabajo manual. El culto incluía la lectura de la Biblia y de literatura pia-

dosa, que requería la capacidad de leer y escribir. La regla benedictina también imponía libros, libretas e instrumentos de escritura para todos los monjes y monjas. Dado que los monasterios aceptaban niños (entregados por sus padres a la vida monástica), el monasterio estaba obligado a enseñarles a leer, aunque en los primeros siglos del monacato esto raramente, si lo hacía alguna vez, ocurría en una escuela monacal formal. Los monasterios también desarrollaron bibliotecas y escritorios (salas donde los libros que se requerían para la comunidad monástica eran reproducidos por los copistas).[29]

Al principio, la educación que se daba en el monasterio estaba encaminada únicamente a satisfacer las necesidades internas de la comunidad monástica. Era dirigida por el abad o abadesa, o un monje o monja culto, y estaba pensada para proporcionar la alfabetización requerida para la vida religiosa y, en última instancia, para promover la espiritualidad. Se ha dicho a menudo que cuando las escuelas clásicas desaparecieron, los monasterios experimentaron una creciente presión de la aristocracia local y la nobleza para que proporcionaran educación a sus hijos —es decir, a niños que no estaban destinados a convertirse en monjes o monjas— y que los monasterios fundaron «escuelas externas» para este fin. De hecho, antes del siglo IX no hay evidencia de la existencia de escuelas externas en los monasterios. Y por tanto la práctica parece haber sido sumamente rara. Si encontramos hombres con una educación monástica ejerciendo funciones administrativas en la Iglesia y el Estado, no se debe a que los monasterios se propusieran educar al público laico en escuelas externas. Se debe a que, a veces, eran admitidos en las escuelas monásticas internas estudiantes laicos, pero más especialmente a que los monasterios contenían una reserva de personas capaces (educadas para fines monásticos) que podían ser utilizadas para el servicio fuera del monasterio.[30]

Hay una disputa entre los historiadores sobre el grado en que el saber clásico entró en los monasterios, disputa derivada, quizá, de las diferencias entre los monasterios o entre los escritores medievales que trataban el tema del saber monástico. Lo que parece claro es que el acento se po-

29. Sobre el monacato y las escuelas monásticas, véanse Jean Leclercq, O. S. B., *The Love of Learning and the Desire for God: A Study of Monastic Culture*; y Riché, *Education and Culture*, cap. 4.

30. La prueba es convincentemente presentada por M. M. Hildebrandt, *The External School in Carolingian Society*.

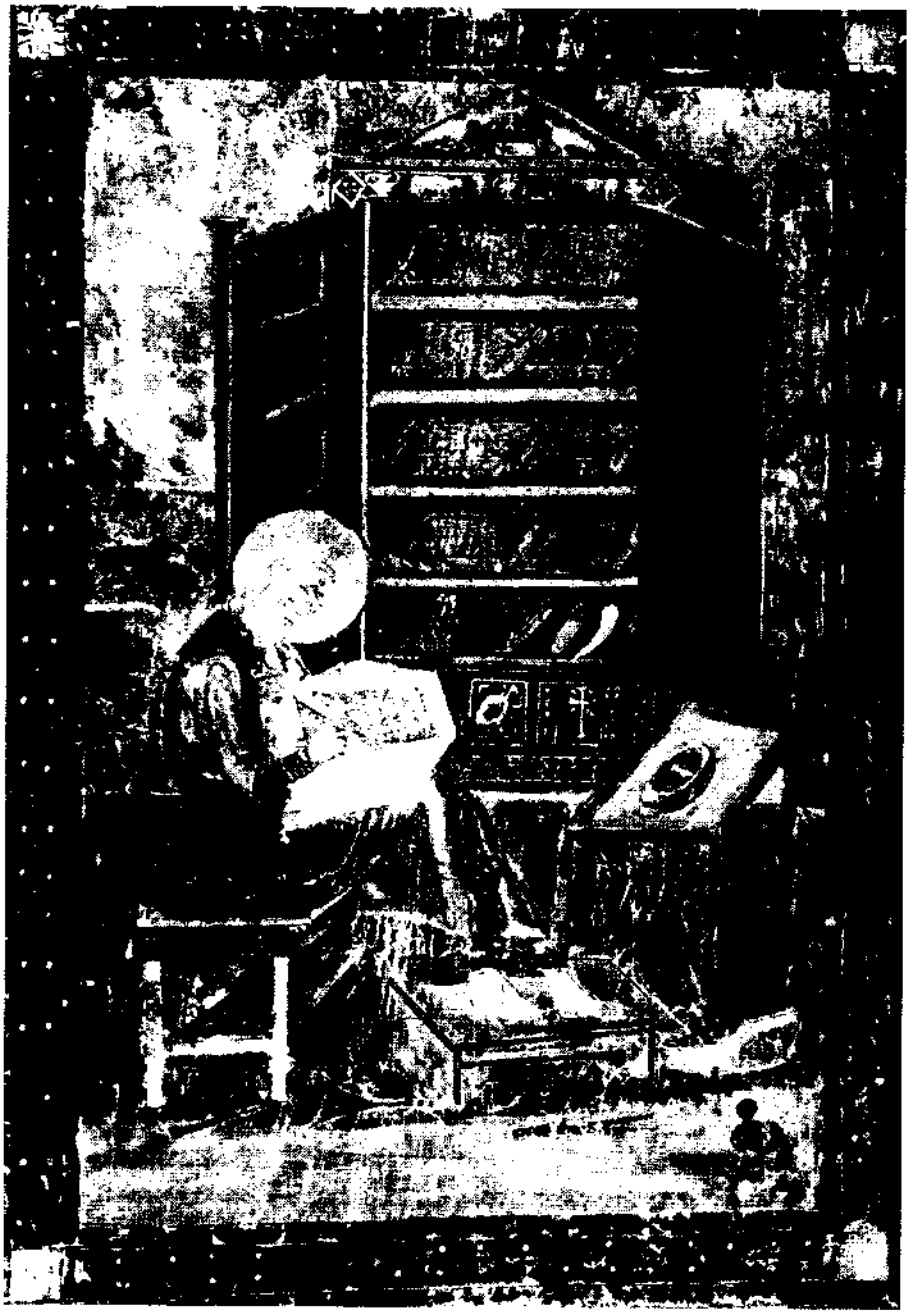


FIG. 7.6. *Un monje en su estudio.* Florencia, Biblioteca Medicea Laurenziana, Codex Amiatinus (siglos VII-VIII).

nía en el desarrollo espiritual y todo estaba pensado para contribuir a éste. La Biblia era el núcleo central del programa educativo. Los comentarios bíblicos y los escritos piadosos complementaban el texto bíblico. La literatura clásica pagana, generalmente considerada irrelevante y peligrosa, no era importante. Pero había muchas excepciones. De hecho, a menudo constatamos el uso de fuentes paganas por las propias personas que las denunciaban. Parece que la admonición de Agustín para que los cristianos tomaran prestado lo que es verdadero y útil de la literatura pagana fue tomada en cuenta con frecuencia, y el examen de los escritos que salen de los monasterios revela un conocimiento de las fuentes antiguas sorprendentemente extenso, si bien selectivo. Las artes matemáticas del cuadrivio raramente se seguían más allá del nivel más elemental, pero hubo excepciones a esta generalización.

Una buena ilustración de la penetración del saber clásico en los monasterios puede encontrarse en Irlanda desde el siglo VI en adelante (una circunstancia para la que no tenemos una explicación histórica adecuada). Encontramos que aquí se presta considerable atención a los autores paganos clásicos. Se conocía a algunos griegos, y las artes matemáticas del cuadrivio (especialmente en su aplicación al calendario) estaban bien desarrolladas.[31]

Otra llamativa excepción a la apatía monástica respecto a la educación clásica estaba en el monasterio de Vivarium, fundado por un miembro de la clase senatorial romana, Casiodoro (ca. 480-ca. 575), al retirarse de la vida pública. Casiodoro estableció un escritorio en su monasterio, organizado para la traducción de obras griegas al latín, e hizo del estudio una parte esencial de la rutina de sus monjes. También escribió un manual de estudios monásticos en el que recomendaba una lista con un número sorprendentemente alto de autores paganos. En este manual analizaba brevemente cada una de las siete artes liberales. Que esto resultó más que pura palabrería lo pone de manifiesto un tratado sobre el calendario (que todavía existe) que parece haber sido escrito en Vivarium en vida de Casiodoro. Está claro que Casiodoro compartía el punto de vista monástico unánime de que los estudios seculares tenían que hacerse sólo en la medida en que sirvieran a propósitos sacros. Donde difería de otras autoridades del movimiento monástico era en su opinión sobre el surtido de estudios seculares capaces de prestar tal contribución.[32]

31. Laistner, *Thought and Letters*, cap. 5.
32. Sobre Casiodoro y Vivarium, véase James J. O'Donnell, *Cassiodorus*.

FIG. 7.7. *Un escriba medieval.* Oxford, Bodleian Library, MS Bodley 602, fol. 36r (siglo XIII).

Estas excepciones eran importantes; pero no anulan en absoluto la generalización de que los monasterios estaban dedicados a propósitos espirituales. Se cultivaba el saber, pero sólo en la medida en que contribuía a fines religiosos. La ciencia y la filosofía natural eran extremadamente marginales en su actividad, aunque no totalmente ausentes. Entonces, ¿cuál es el significado del monacato para la historia de la ciencia, y por qué le estamos dedicando espacio en este libro? ¿No fue ésta la «edad oscura» de la historia de la ciencia, una edad durante la cual no sucedió nada importante?

No hay duda de que el conocimiento de la filosofía natural y la ciencia matemática griegas había caído vertiginosamente, y de que en la Europa occidental durante los siglos iniciales del periodo medieval (aproximadamente del 400 al 1000) aparecieron pocas contribuciones originales a éstas. Si buscamos nuevos datos observacionales o una crítica eficaz, aquí encontraremos poco. No se carecía de creatividad, pero estaba dirigida a otras tareas, la supervivencia, la búsqueda de valores religiosos en un mundo bárbaro e inhóspito, e incluso (ocasionalmente) la exploración de hasta qué punto el conocimiento de la naturaleza era aplicable a los estudios bíblicos y a la vida religiosa. La contribución de la cultura religiosa de los inicios de la Edad Media al movimiento científico fue, pues, la de preservación y transmisión. Los monasterios sirvieron como transmisores de la alfabetización y de una escuálida versión de la tradición clásica (incluida la ciencia o filosofía natural) en un periodo en el que la alfabetización y la erudición estaban severamente amenazadas. Sin ellos, Europa occidental no habría tenido más ciencia, sino menos.

Dos de los primeros filósofos naturales de la Edad Media

Puede merecer la pena concluir con un par de ilustraciones de la primera contribución medieval a la ciencia o filosofía natural, o más específicamente, llamar la atención sobre dos hombres cuyos nombres han llegado a ser sinónimos de la primera filosofía natural medieval y de la visión del mundo medieval.

Isidoro de Sevilla (ca. 560-636) se crió en España, entonces bajo dominio visigótico, y fue educado por su hermano mayor (quizás en una escuela monástica o episcopal), antes de sucederle como arzobispo de Sevilla en el 600. Fue un erudito destacado de finales del siglo VI y principios del VII, e ilustra el nivel relativamente alto del saber y la cultura disponible (pero ciertamente no común) en la España visigótica durante su vida. Las obras de Isidoro cubren ampliamente los estudios bíblicos, la teología, la liturgia y la historia. Escribió dos libros de interés especial para el historiador de la ciencia: *Acerca de la naturaleza de las cosas* y las *Etimologías*. Estas obras basadas en fuentes paganas y cristianas (incluidos Lucrecio, Marciano Capella y Casiodoro) transmiten una versión superficial y breve de la filosofía natural griega. Las *Etimologías*, de las que existen más de un millar de manuscritos (uno de los libros más populares de la Edad Media), ofrece una explicación enciclopédica de las cosas por me-

dio de un análisis etimológico de sus nombres. Abarca las siete artes liberales, la medicina, el derecho, la cronometría y el calendario, la teología, la antropología (incluidas las razas monstruosas), la geografía, la cosmología, la mineralogía y la agricultura. El cosmos de Isidoro es geocéntrico, compuesto por los cuatro elementos. Cree en una Tierra esférica y muestra una comprensión elemental de los movimientos planetarios. Da una explicación de las zonas de la esfera celeste, las estaciones, la naturaleza y el tamaño del Sol y de la Luna y la causa de los eclipses. Uno de los rasgos notables de su filosofía natural es su vigoroso ataque a la astrología.[33]

Si existe cierta vaguedad respecto a la formación intelectual de Isidoro, la de Beda el Venerable († en el 735) se conoce con mucho mayor detalle. A la edad de siete años, Beda ingresó en el monasterio de Wearmouth, en Northumbria (noreste de Inglaterra, cerca de la moderna Newcastle) y allí pasó el resto de su vida estudiando y enseñando, primero como estudiante en la escuela monástica y finalmente como maestro de la escuela monástica. Los monasterios de Northumbria eran la descendencia directa del monacato irlandés y así heredaron el interés irlandés por los estudios del cuadrivio y los clásicos, pero también estuvieron en contacto con lo mejor de la erudición continental contemporánea. Beda, indudablemente el más consumado erudito del siglo VIII, escribió sobre todo el arco de intereses monásticos, incluida una serie de libros de texto para monjes. Su obra más conocida es *Historia eclesiástica de la nación inglesa*. También escribió un libro, *Acerca de la naturaleza de las cosas* (basado especialmente en Plinio e Isidoro), y dos libros de texto sobre cronometría y el calendario. En el último, pensado para regular la rutina diaria de los monjes y enseñarles cómo determinar el calendario religioso, Beda aprovechó al máximo el limitado conocimiento astronómico a su disposición y los tratados existentes sobre calendarios, para sentar un sólido fundamento de lo que pasaría a llamarse la ciencia del «computus», estableciendo los principios de la cronometría y del control del calendario que finalmente fueron adoptados en toda la cristiandad.[34]

33. Sobre Isidoro, véanse Stahl, *Roman Science*, págs. 213-223; J. N. Hillgarth, «Isidore of Seville», *Dictionary of the Middle Ages*, 6, págs. 563-566; H. Liebeschütz, «Boetius and the Legacy of Antiquity», en A. H. Amstrong (comp.), *The Cambridge History of Later Greek and Early Medieval Philosophy*, págs. 555-564; Jacques Fontaine, *Isidore de Séville et la culture classique dans l'Espagne visigothique*; y Ernest Brehaut, *An Encyclopedist of the Dark Ages: Isidore of Seville*.

34. Sobre Beda, véanse Stahl, *Roman Science*, págs. 223-232; Charles W. Jones, «Bede», *Dictionary of the Middle Ages*, 2, págs. 153-156; Wesley M. Stevens, *Bede's Scien-*

Isidoro y Beda son representantes idóneos de la tradición de divulgación y preservación que ha sido delineada en este capítulo, hombres que lucharon para preservar los restos del saber clásico y transmitirlos, de forma utilizable, al mundo cristiano de la Edad Media. Pero, ¿es digna esta tradición de la atención que le hemos prestado? ¿Merece un capítulo en un libro de historia de los inicios de la ciencia? Si la historia de la ciencia fuera solamente la crónica de los grandes descubrimientos o de las ideas monumentales de la ciencia, Isidoro y Beda no tendrían lugar en ella. Hoy no existe ningún principio científico que lleve su nombre. Sin embargo, si la historia de la ciencia es la investigación de las corrientes históricas que convergen para conducirnos al momento científico presente —los hilos argumentales que hay que comprender para entender de dónde venimos y cómo hemos llegado aquí—, entonces la empresa en la que se embarcaron Isidoro y Beda es una parte importante de la historia. Ni Isidoro ni Beda fueron creadores de nuevo conocimiento científico, pero ambos reafirmaron el conocimiento científico existente en una edad en la que el estudio de la naturaleza era una actividad marginal. Proporcionaron continuidad en un periodo peligroso y difícil. Al hacer esto, influyeron poderosamente durante siglos en lo que los europeos conocieron sobre la naturaleza y en lo que pensaron sobre ésta. Un logro así puede carecer del drama de, por ejemplo, descubrir la ley de la gravitación o inventar la teoría de la selección natural, pero influir en el curso posterior de la historia europea no es una pobre contribución.

---

tific Achievement; Peter Hunter Blair, *The World of Bede*, esp. cap. 24; y Clagett, *Greek Science in Antiquity*, págs. 160-165.

Capítulo 8

La ciencia en el Islam

El saber y la ciencia en Bizancio

Mientras la tradición clásica estaba declinando lentamente en el Occidente latino, y la filosofía natural estaba siendo transformada en la sierva de la teología y la religión, ¿qué estaba sucediendo en el Oriente de habla griega? Aunque Oriente sufrió muchos de los mismos infortunios que Occidente —la invasión, el declive económico y la agitación social— las consecuencias fueron menos severas. Se mantuvo un nivel más alto de estabilidad política, mientras la mitad oriental del viejo Imperio romano se fue separando gradualmente de Occidente, dando nacimiento a lo que nosotros llamamos Imperio bizantino, con su capital en Constantinopla (la actual Estambul). El que la ciudad de Constantinopla no cayera en manos de los invasores antes del 1203, mientras que Roma fuera saqueada ya en el siglo v, nos dice algo sobre los relativos niveles de estabilidad. Una mayor estabilidad social y política significa una mayor continuidad en las escuelas. La tradición de los estudios clásicos declinó más lentamente en Bizancio y nunca desapareció totalmente. Y, desde luego, el Oriente nunca se vio privado de las fuentes originales de la cultura griega por una barrera lingüística.[1]

Pero de ahí no se sigue que la ciencia y la filosofía natural progresaran. El estudio de la naturaleza era tan poco práctico en Oriente como en Occidente. Los padres de la Iglesia griega tenían la misma ambivalencia hacia éste que sus homólogos occidentales, y compartían la misma deter-

1. Sobre el saber en el Imperio bizantino, véase N. G. Wilson, *Scholars of Byzantium*; y F. E. Peters, *The Harvest of Hellenism*.

minación de subordinarlo a la teología y a la vida religiosa. En Oriente, los intereses culturales eran generalmente teológicos o literarios. Los autores se sentían obligados a autolimitarse a la estructura y vocabulario del periodo clásico. Esto llevó a tendencias imitadoras que (se ha dicho a menudo) sofocaron la creatividad. En la medida en que se llevaron a cabo labores filosóficas, tendían al comentario de autores clásicos. Ese tipo de comentario incluía inevitablemente una pequeña cantidad de filosofía natural, ciencia matemática y medicina.

Desde luego, se trata de generalizaciones radicales, y debemos procurar no dar la impresión de que los logros culturales eran limitados o no existían. La tradición platónica (llamada con mayor precisión «tradición neoplatónica», puesto que se apartó de Platón en muchas cuestiones importantes) estaba representada por una serie de distinguidos estudiosos. Aunque ya no pervivía una tradición peripatética, hubo intentos de asimilar la filosofía aristotélica a la platónica. Y algunos filósofos del periodo bizantino escribieron importantes comentarios sobre Aristóteles, en los que explicaban, embellecían o criticaban su filosofía de la naturaleza, afrontando los textos aristotélicos con un nivel de sofisticación inigualado por ningún contemporáneo de habla latina.

Temistio († ca. 385), que enseñó filosofía en Constantinopla y fue tutor de la descendencia imperial, escribió influyentes paráfrasis y sumarios de distintas obras aristotélicas, incluidas la *Física*, *Acerca del cielo*, y *Acerca del alma*. Simplicio († después del 533), un neoplatónico ateniense decidido a reconciliar platonismo y aristotelismo, escribió inteligentes comentarios sobre estas mismas tres obras. Y Juan Filópono († hacia el 570), un neoplatónico cristiano que enseñó en Alejandría, escribió comentarios sobre la *Física*, *Meteorológicos*, *Sobre la generación y la corrupción* y *Acerca del alma*. En estos comentarios intentó, en abierta oposición a Simplicio, demostrar los profundos errores propagados por Aristóteles, incluida la dicotomía celeste-terrestre y la noción de un universo eterno. También presentó una refutación sistemática y original de la teoría del movimiento de Aristóteles, rechazando la explicación aristotélica del movimiento de los proyectiles y la afirmación de que los cuerpos caen a través de un medio con velocidades proporcionales a sus pesos. A través de la posterior traducción de sus obras al árabe y al latín, estos tres hombres —Temistio, Simplicio y Filópono— ayudaron a determinar el curso posterior de la filosofía natural aristotélica.[2]

2. Un análisis útil de los antiguos comentadores griegos de Aristóteles puede encontrarse en la introducción general de Richard Sorabji a la traducción de Christian Wild-

La cuestión es, pues, que la vida intelectual bizantina estaba en declive, como la de Occidente, pero menos rápidamente. Y dentro del Imperio bizantino podemos encontrar ejemplos de sofisticada erudición que no hallan igual en ninguna parte del mundo latino parlante. Pero ésta no era la única diferencia. El Oriente participó también en un proceso de importancia decisiva de difusión cultural por el que el saber griego fue transmitido a extensas regiones de Asia y del norte de África, donde posteriormente sería asimilado por no griegos. Este proceso de difusión y asimilación es el auténtico tema del presente capítulo.

La difusión oriental de la ciencia griega

Aunque la influencia griega se había extendido mucho más allá de la tierra natal, la difusión cultural como una política consciente empezó con las campañas militares de Alejandro Magno.[3] Cuando Alejandro conquistó Asia y el norte de África (334-323 a.C.), no sólo consiguió territorio sino que también estableció cabezas de puente de la civilización griega. Sus campañas le llevaron al sur hasta Egipto, hacia oriente hasta Bactria (en Asia central, cerca de la actual frontera afgano-soviética) y más allá hasta el río Indo en la esquina noroeste de la India (véase el mapa 2). Tras él dejó guarniciones y un montón de ciudades llamadas Alejandría (al menos once). Exitosos esfuerzos de colonización ampliaron la presencia griega, y a largo plazo estas ciudades griegas llegaron a ser centros de cultura, desde los que el helenismo pudo emanar hacia las regiones circundantes. Los centros más notables de cultura griega establecidos de este modo fueron Alejandría en Egipto y el reino de Bactria en Asia central.

Pero la conquista y la colonización no fueron los únicos mecanismos de difusión. La religión también jugó un papel decisivo en la expansión del saber griego. Muchos de los detalles son oscuros, pero para nuestros

---

berg de *Against Aristotle on the Eternity of the World* de Juan Filópono, págs. 1-17. Sobre Temistio y Simplicio, véanse los artículos de G. Verbeke en el *Dictionary of Scientific Biography*, 12, págs. 440-442; 13, págs. 307-309; e Ilsetraud Hadot (comp.), *Simplicius: sa vie, son oeuvre, sa survie*. Sobre Filópono, véase Richard Sorabji (comp.), *Philoponus and the Rejection of Aristotelian Science*.

3. Para un excelente análisis del proceso de difusión cultural en general, véase F. E. Peters, *Allah's Commonwealth*; también Peters, *Aristotle and the Arabs: The Aristotelian Tradition in Islam*; y *Harvest of Hellenism*. Puede encontrarse gran cantidad de información útil en De Lacy O'Leary, *How Greek Science Passes to the Arabs*.

propósitos puede ser suficiente un resumen. En el milenio posterior a las conquistas de Alejandro, sus territorios asiáticos (especialmente Siria, Irán e Iraq actuales) resultaron ser un terreno fértil para distintos movimientos religiosos importantes. En un momento u otro, el zoroastrismo, el cristianismo y el maniqueísmo compitieron entre sí por los conversos. Los tres se basaban en libros sagrados y por tanto, por necesidad, cultivaban al menos una cierta medida de conocimiento. El cristianismo y el maniqueísmo, en particular, se habían apuntalado con la filosofía griega y así contribuyeron a la helenización de la región. Concentremos nuestra atención por un momento en la contribución cristiana.

En Siria, había una fuerte presencia cristiana desde el principio. Y en los primeros siglos de la era cristiana la actividad misionera llevó al establecimiento de iglesias cristianas a lo largo de una amplia región del Asia occidental. En los siglos v y vi, llegaron refuerzos en forma de sectas disidentes cristianas perseguidas en busca de refugio. La cristianización del Imperio bizantino en el siglo iv había llevado a una serie de encarnizadas disputas teológicas y escisiones dentro de la Iglesia bizantina. Para nuestros propósitos, lo más importante de las disputas se relacionaba con la naturaleza de Cristo, específicamente, la relación entre la humanidad y la divinidad de Cristo. Las posiciones extremas —la de los nestorianos, que subrayaban la humanidad de Cristo por encima de su divinidad, y la de los monofisitas, que se inclinaban en la otra dirección— fueron condenadas en los concilios eclesiásticos que tuvieron lugar en el 431 y en el 453.[4] Durante el consiguiente conflicto, los líderes nestorianos se establecieron en la escuela de Edessa, en Siria (entonces el límite oriental del Imperio bizantino). La lucha con los monofisitas (que en Siria eran fuertes) y el posterior cierre de la escuela por orden del emperador en el 489, obligaron a los nestorianos a buscar refugio en la ciudad de Nisibis, al este, justo al otro lado de la frontera persa. Allí, con el estímulo del obispo local, crearon un centro de alta educación nestoriano. Desde luego, los estudios bíblicos y la teología eran el centro de atención, pero la lógica aristotélica (una de las necesidades de la teología sería) también se enseñaba, junto con otros aspectos de la filosofía griega. Puede que en Nisibis se desarrollara también un programa de instrucción médica.

A partir de esta base en Persia, en el siglo siguiente, los nestorianos se las arreglaron no sólo para dar forma al cristianismo persa, sino también

4. Sobre estos desarrollos, véase W. H. C. Frend, *The Rise of the Monophysite Movement*.

para ejercer una fuerte influencia en la vida intelectual persa. Mediante pasos que nosotros sólo entendemos de modo confuso, los nestorianos consiguieron alcanzar posiciones de poder e influencia y dar un sabor cultural griego a la clase gobernante persa. Se ven los resultados de esto en la invitación enviada por el rey de Persia, Cosroes I, hacia el 531, a los filósofos de la Academia de Atenas (expulsados por un decreto del emperador bizantino Justiniano) para establecerse en Persia. Este mismo Cosroes tiene fama de haber sido un conocedor de la filosofía platónica y aristotélica y de haber hecho traducir obras filosóficas griegas para su uso. Las conexiones nestorianas se ponen de relieve en su tratamiento por parte de un médico nestoriano. Cosroes II (590-628) tuvo dos esposas cristianas —una de ellas, al menos, nestoriana antes de su conversión al monofisitismo— y un influyente médico-consejero que también vacilaba entre las sectas nestoriana y monofisita.[5]

Se ha desarrollado una influyente mitología en torno a la actividad nestoriana en la ciudad de Ŷundišāpūr, en el suroeste de Persia. Según la leyenda a menudo repetida, en el siglo VI, convirtieron Ŷundišāpūr en un importante centro intelectual, donde podía obtenerse instrucción en todas las disciplinas griegas. Se ha pretendido que hubo una escuela médica, con un currículum basado en libros de texto alejandrinos y un hospital modelado sobre los que se habían desarrollado en el Imperio bizantino, que abasteció el reino con médicos educados en medicina griega. Además, se sostiene que Ŷundišāpūr habría tenido un papel fundamental en la traducción de la cultura griega a las lenguas del Oriente Próximo y, de hecho, que fue el canal singular más importante por el que la ciencia griega pasó a los árabes.[6]

La investigación reciente ha puesto de manifiesto una realidad mucho menos esplendorosa. No hay pruebas convincentes de la existencia de una escuela médica o un hospital en Ŷundišāpūr, aunque parece que sí hubo una escuela teológica y quizás un dispensario adjunto. Sin duda, Ŷundišāpūr era sede de serios esfuerzos intelectuales y de un cierto empeño en la práctica médica —en el siglo VIII proporcionó varios médicos a la corte islámica de Bagdad—, pero es dudoso que alguna vez llegara a

5. Las mejores fuentes son Peters, *Aristotle and the Arabs*, cap. 2; y Peters, *Allah's Commonwealth*, introducción y cap. 5. Véase también Arthur Vööbus, *History of the School of Nisibis*.

6. O'Leary, *How Greek Science Passes to the Arabs*, págs. 150-153; Peters, *Allah's Commonwealth*, págs. 318, 377-378, 383, 529; Peters, *Aristotle and the Arabs*, págs. 44-45, 53, 59; y Majid Fakhry, *A History of Islam Philosophy*, págs. 15-16.

ser un centro importante de educación médica o de labor traductora. Aunque la historia de Ŷundišāpūr es poco fiable en sus detalles, la enseñanza que aportaba es válida. La influencia nestoriana, aunque no centrada en Ŷundišāpūr, tuvo un papel vital en la transmisión del saber griego a Persia y, en última instancia, a los árabes. Es indiscutible que los nestorianos fueron pioneros entre los primeros traductores; y ya en el siglo IX, mucho después de que Persia hubiera sucumbido a los ejércitos islámicos, la práctica de la medicina en Bagdad parece haber sido monopolizada por médicos cristianos (probablemente nestorianos).[7]

Pero aquí hay un cambio lingüístico que también debemos tener en cuenta. Aunque el contenido de la educación accesible en Nisibis, Ŷundišāpūr y otros centros nestorianos era predominantemente griego, la lengua en la que se enseñaba no lo era. La enseñanza se impartía en siriaco, una lengua semítica (un dialecto del arameo) extendida en Oriente Próximo. Ésta, junto con el griego, era la lengua de la cultura en Persia, y fue adoptada por los nestorianos como su lengua literaria y litúrgica. Así pues, el programa de enseñanza requería la traducción de los textos griegos al siriaco. Estas traducciones se hicieron en Nisibis y otras localidades, empezando ya en el 450. De nuevo disponemos de pocos detalles, pero parece que las obras lógicas de Aristóteles y Porfirio fueron de las primeras que se tradujeron. Posteriormente también se tradujeron la literatura médica, obras de matemáticas y astronomía y varios tratados filosóficos.

Hay varios puntos que merecen ser subrayados. Primero, debe quedar claro que esto es una historia sobre la *transmisión* del saber. Nuestro tema (en las secciones iniciales de este capítulo) no son las contribuciones a la filosofía natural, sino la preservación y difusión hacia Oriente de la herencia griega en Asia, donde posteriormente sería absorbida por la cultura islámica. Segundo, este proceso de difusión cultural fue bastante lento y además de larga duración, ocupando un periodo de casi un millar de años, desde la conquista de Asia por Alejandro Magno (hacia el 325 a.C.) hasta la fundación del Islam en el siglo VII d.C. Tercero, la historia no debe simplificarse hasta el punto de considerar la difusión del saber griego como dependiente de la limitada actividad nestoriana en Ŷundišāpūr o cualquier otra localidad específica. Más bien, debemos verla como un

7. Para una reevaluación de la leyenda de Ŷundišāpūr, véase Michael W. Dols, «The Origins of the Islamic Hospital: Myth and Reality». También agradezco una discusión del problema con Vivian Nutton, cuyo trabajo sobre el tema aparecerá pronto.

amplio movimiento de difusión cultural, mediante el cual las aristocracias de Asia occidental asimilaron amplia y profundamente, y por una variedad de mecanismos, los frutos de la cultura griega. Ahora debemos examinar la posterior transmisión de estos frutos al Islam.

Nacimiento, expansión y helenización del Islam

La península arábiga, situada entre Persia, al norte y al este, y Egipto, al oeste, no había sido alcanzada por las campañas militares de Alejandro Magno y apenas fue afectada por las ambiciones territoriales bizantinas. Las comunidades judías y cristianas habían florecido durante un tiempo en el sur, pero hacia el siglo VII su influencia había disminuido hasta un modesto nivel. Excepto en las esquinas norte y sur, la población era mayoritariamente nómada, aunque se habían fundado ciudades alrededor de los lugares de peregrinación y a lo largo de las rutas comerciales más importantes. Fue en una de estas ciudades, La Meca, donde nació Mahoma a finales del siglo VI y desde la que predicó la nueva religión del Islam. Mahoma tuvo una serie de revelaciones en las que el Corán (o Qur'ān, el libro sagrado del Islam) le fue dictado por el ángel Gabriel. El tema central de estas revelaciones era la existencia de un único Dios, omnipotente y omnisciente, Alá, creador del universo, al que los fieles (llamados «musulmanes») deben someterse. Este libro llegó a definir los aspectos de la fe y la práctica islámicas. Era la fuente de la teología, la moral, el derecho y la cosmología islámicas, y por tanto la piedra angular de la educación islámica. Sirvió para codificar el árabe como una lengua escrita, y sigue siendo el principal modelo para el estilo literario arábigo.[8]

Mahoma practicó y enseñó la necesidad de la guerra santa y la conversión forzosa. Antes de su muerte en el 632, su grupo de seguidores había invadido la península arábiga y dirigido exitosos asaltos hacia el norte. Tras su muerte, las fuerzas musulmanas salieron de su tierra natal y rápidamente pusieron en fuga a los ejércitos bizantino y persa, ganando

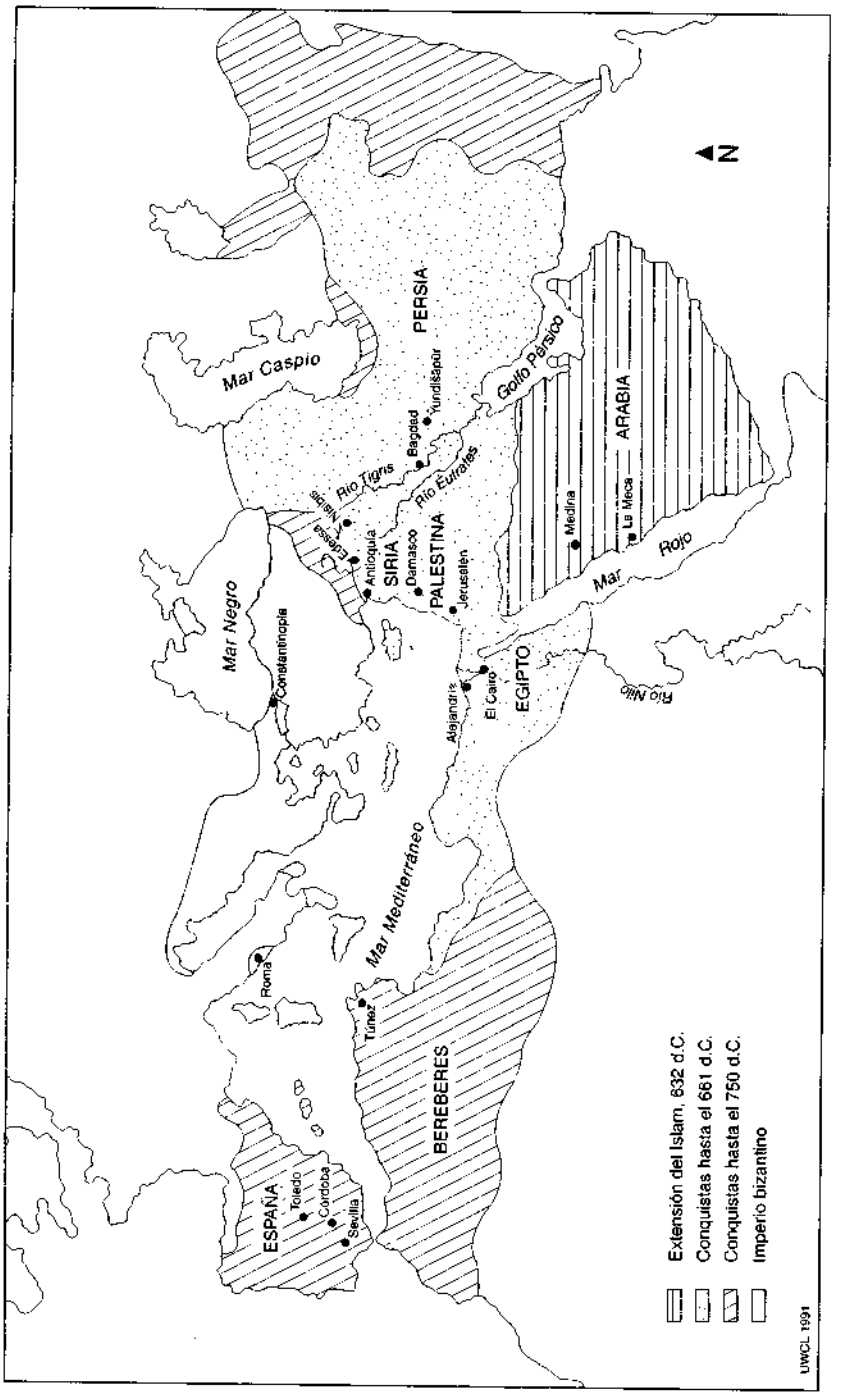
8. Entre los innumerables libros sobre la historia inicial del Islam, los siguientes son particularmente útiles: Peters, *Allah's Commonwealth*; G. E. von Grunebaum, *Classical Islam*; y Philip K. Hitti, *History of the Arabs from the Earliest Times to the Present*. Para abundantes ilustraciones acompañadas de un excelente texto, véase Bernard Lewis (comp.), *Islam and the Arab World*.

así el control de las partes más importantes del Oriente Próximo. En veinticinco años de asombroso éxito militar, el Islam subyugó casi toda el Asia de Alejandro y las posesiones norteafricanas, incluidas Siria, Palestina, Persia y Egipto. En un siglo, el resto del norte de África y casi toda España cayeron en manos musulmanas.

Mahoma no dejó un heredero masculino ni designó sucesor. Consecuentemente, la jefatura del Imperio islámico en desarrollo se convirtió en objeto de sangrienta disputa. Los primeros califas («sucesores» de Mahoma) fueron elegidos entre los primeros seguidores de Mahoma. En el 644, 'Uţmān, de la familia Omeya, se convirtió en califa y, en el 661, lo fue su primo Mu'āwiya, que había sido gobernador de Siria. Por razones de seguridad, Mu'āwiya y sus sucesores gobernaron desde Damasco, en Siria, donde estaba concentrado el poder de los Omeya. Aquí la dinastía Omeya, que conservó el poder durante un siglo más o menos, entró en contacto con los sirios y persas cultos, a los cuales usaron como secretarios y burócratas; y de este modo empezó a pequeña escala la helenización del Islam.

El proceso de helenización se aceleró después del 749. En dicho año, una nueva dinastía, los 'Abbāsíes (descendientes del tío de Mahoma, al-'Abbās), llegó al poder. Los califas 'Abbāsíes no tenían intención de permanecer en Damasco. Como los Omeya un siglo antes, querían su capital situada en un territorio propicio. En el 762, al-Manşūr (754-775) edificó una nueva capital, la ciudad de Bagdad, en el río Tigris. La corte del al-Manşūr en Bagdad no fue famosa por su piedad, sino que cultivó un clima religioso que era relativamente intelectual, secularizado y tolerante. Más importante aún, el Imperio islámico estaba transformándose de una aristocracia guerrera en un Estado centralizado, que exigió mucha más burocracia administrativa de la que Mahoma, sus inmediatos sucesores o los primeros Omeyas hubieran podido imaginar. El personal de esta burocracia difícilmente podía ser reclutado entre los guerreros que componían los ejércitos conquistadores, y los califas no tenían otra alternativa razonable que recurrir a los persas cultos (generalmente recién convertidos al Islam, aunque también se dio la utilización de cristianos).

La influencia persa es especialmente obvia en el poderoso consejero real de la familia Barmakī, antiguamente de la provincia de Bactria y recientemente convertidos al Islam. Kālid ibn Barmak sirvió a al-Manşūr; y su hijo Yahyà llegó a ser visir (consejero jefe y tutor de los herederos del califa) con el nieto de al-Manşūr, Hārūn-al-Rašīd (786-809). La influencia cristiana es mucho más evidente en la práctica de la medicina en la



MAPA 4. *La expansión islámica.*

corte. En el 765, al-Manşūr fue tratado por un médico nestoriano de Ŷundišāpūr, Yurŷis ibn Bajtišū'. Al parecer Yurŷis tuvo éxito, pues permaneció en Bagdad como el médico personal del califa, convirtiéndose en una poderosa figura de la corte. Le sucedió su hijo, y durante varias generaciones la familia Bajtišū' mantuvo el puesto de médico de la corte. Finalmente, es importante hacer notar que también existían influencias procedentes de la India en el este. Algunas de éstas fueron el resultado a largo plazo de la primitiva helenización de la India.

La traducción de la ciencia griega al árabe

La traducción de las obras griegas y siriacas al árabe empezó en tiempos de al-Manşūr, pero llegó a convertirse en una ocupación seria con Hārūn-al-Rašīd, que envió agentes a Bizancio en busca de manuscritos. Al-Ma'mūn (813-833), hijo de Hārūn, fundó un instituto de investigación, la Casa de la Sabiduría, en Bagdad, y allí la traducción alcanzó su cima. La Casa de la Sabiduría estaba encabezada por Hunayn ibn Ishāq (808-873), un cristiano nestoriano y árabe, descendiente de una tribu árabe que se había convertido al cristianismo mucho antes de que la religión del Islam existiera. Hunayn, que estudió medicina con el distinguido médico Ibn Masawayhī, era bilingüe desde la infancia pues hablaba siriaco y árabe. De joven fue a la «tierra de los griegos» (quizás Alejandría), donde adquirió un completo dominio del griego. Habiendo vuelto a Bagdad, llamó la atención de un miembro de la familia Bajtišū' y un conjunto de ricos hermanos (los «hijos de Mūsà»), y a través de estos patrones fue presentado a Al-Ma'mūn. En algún momento, Hunayn acompañó a una expedición a Bizancio en busca de manuscritos. Sirvió como traductor para varios califas y acabó su carrera como médico real jefe, reemplazando a uno de los Bajtišū'.[9]

La labor traductora de Hunayn es tan importante como para merecer nuestra atención. Ayudaban a Hunayn su hijo Ishāq ibn Hunayn, su sobrino Hubayš y otros. Muchas de sus traducciones eran esfuerzos de co-

9. Sobre Hunayn, véase Lufti M. Sa'di, «A Bio-Bibliographical Study of Hunayn ibn Ishāq al-Ibadi (Johannitius)»; y los dos artículos sobre Hunayn de G. C. Anawati y Albert Z. Iskandar, en el *Dictionary of Scientific Biography*, 15, págs. 230-249. Sobre las traducciones en general, véanse Peters, *Allah's Commonwealth* y *Aristotle and the Arabs*; también O'Leary, *How Greek Science Passes to the Arabs*; y Fakhry, *History of Islamic Philosophy*, págs. 16-31.

laboración. Por ejemplo, Hunayn podía traducir una obra griega al siriaco, y a continuación su sobrino pasaba el texto al árabe. El hijo de Hunayn traducía del griego y el siriaco al árabe, y además hacía revisiones de las traducciones de sus colegas. Y Hunayn, además de hacer sus propias traducciones del griego al siriaco o al árabe, parece haber insistido en comprobar las traducciones de sus discípulos. Hunayn y sus colaboradores eran extremadamente sofisticados en sus métodos. Comprendieron la necesidad de comparar los manuscritos siempre que era posible, con el fin de descartar errores. Y en lugar de seguir la práctica común en la traducción de la sustitución mecánica de palabra por palabra (que adolece del grave inconveniente de que no toda palabra griega tiene su contrapartida en árabe o en siriaco, a la vez que falla también al no tomar en cuenta las diferencias sintácticas entre las lenguas), Hunayn comprendía el significado previo de un enunciado en el original griego y lo traducía mediante un enunciado árabe o siriaco de significado equivalente.

El grueso de las traducciones de Hunayn fue de obras de medicina, con especial énfasis en Galeno e Hipócrates. Tradujo alrededor de noventa obras de Galeno del griego al siriaco y unas cuarenta del griego al árabe; de Hipócrates, unas quince obras. También tradujo (o corrigió) tres diálogos de Platón, incluido el *Timeo*; varias obras de Aristóteles (en la mayoría de los casos del griego al siriaco), incluidas la *Metafísica*, *Acerca del alma, Sobre la generación y la corrupción* y parte de la *Física*; distintas obras de lógica, matemáticas y astrología; y elaboró una versión siriaca del *Nuevo Testamento*. El hijo de Hunayn, Ishāq, tradujo más obras de Aristóteles, así como los *Elementos* de Euclides y el *Almagesto* de Ptolomeo.

Sus colaboradores en Bagdad y sus contemporáneos en otros lugares aumentaron el número de obras traducidas. Por ejemplo, Tābit ibn Qurra (836-901), un pagano (es decir, que no era ni cristiano ni musulmán) trilingüe que pasó la mayor parte de su carrera en Bagdad, tradujo tratados matemáticos y astronómicos, incluidas las obras de Arquímedes. La labor traductora continuó a un alto nivel durante más de un siglo después de Hunayn y Tābit. Hacia el año 1000 d.C. casi todo el corpus de la medicina griega, de la filosofía natural y de la ciencia matemática estaba disponible en versiones arábigas utilizables.

FIG. 8.1. *Texto de Hunayn ibn Ishāq sobre la anatomía del ojo, de una copia del siglo XIII del* Libro de los diez tratados del ojo *de Hunayn.* El Cairo, Biblioteca Nacional.

LA RESPUESTA ISLÁMICA A LA CIENCIA GRIEGA

Pero se plantea una pregunta: ¿utilizables para qué? ¿Qué veían los miembros de la casta gobernante musulmana en la ciencia griega que hizo que estuvieran dispuestos a pagar por las traducciones y que apoyaran el estudio de las disciplinas científicas griegas? ¿Cómo eran recibidas las obras traducidas por estos patrones y más en general por los musulmanes cultos? ¿Qué funciones desempeñó la ciencia griega en el mundo islámico, y cómo se conjugó con otros aspectos de la cultura islámica? En particular, ¿había que pagar un precio religioso por la aceptación de la ciencia griega?

En general, sabemos qué se tradujo, y en muchos casos sabemos gracias a quién. Pero raramente tenemos una idea clara de las motivaciones que había detrás de una traducción particular. Un factor que puede haber sido casi universal es que los mecenas de la traducción sabían leer y escribir o aspiraban a la alfabetización, o al menos deseaban ser asociados con ésta (aunque sólo fuera por el prestigio que daba). Eran personas que

deseaban participar, de un modo u otro, en la cultura intelectualmente más avanzada disponible. Pero una explicación en términos del nivel cultural de los patronos y destinatarios parece insuficiente. Esos musulmanes cultivados estaban deseosos de invertir en la ciencia griega porque (acertada o erróneamente) creían que tenía valor, que contribuía a la consecución de algún fin deseable. El cultivo del conocimiento por sí mismo nunca fue aprobado por la ideología religiosa islámica, ni por ningún otro elemento del tejido cultural. Como en el cristianismo medieval, la ciencia se justificaba en virtud de su utilidad.[10]

La medicina es una ciencia cuya utilidad resulta obvia, y puede que efectivamente fuese la medicina lo primero que consiguió el mecenazgo musulmán. Ciertamente, las traducciones de obras médicas estuvieron entre las primeras. La medicina, a su vez, requería un cierto bagaje filosófico, o así lo deduciría el lector de Galeno. De hecho, el propio Galeno había escrito sobre lógica y en sus escritos médicos había usado la filosofía natural. Y debió resultar claro para los traductores y sus patronos que una cumplida comprensión de la filosofía médica de Galeno exigía un sólido conocimiento del pensamiento griego, incluidas la filosofía platónica y aristotélica.[11] La utilidad de la astronomía, astrología, matemáticas, alquimia y cierta dosis de filosofía natural debe haber sido evidente. Y, finalmente, en el Islam hubo logrados intentos de crear una teología escolástica, imbuida de la lógica y la metafísica griegas. Podría parecer, por tanto, que la traducción de casi cualquier obra médica, matemática o filosófica podía (sólo con un poco de largueza) justificarse según la utilidad: algunas eran de importancia decisiva; el resto debió parecer al menos vagamente útil.

No había una conexión necesaria entre la traducción de un libro al árabe y su amplia difusión en el Islam o la asimilación de sus contenidos en la cultura islámica. Después de todo, la traducción sólo requiere un traductor y quizás un mecenas, mientras que la difusión y la asimilación son fenómenos culturales amplios. Una vez que la barrera lingüística había sido superada, seguían existiendo obstáculos formidables. Uno de ellos

10. Este punto es destacado por G. E. von Grunebaum, *Islam: Essays in the Nature and Growth of a Cultural Tradition*, cap. 6. Es aplicado especialmente a las ciencias matemáticas por George Saliba, «The Development of Astronomy in Medieval Islamic Society», esp. págs. 217-221.

11. Para una panorámica de la medicina islámica, véase el ensayo introductorio en *Medieval Islamic Medicine: Ibn Ridwān's Treatise «On the Prevention on Bodily Ills in Egypt»*, trad. e introducción de Michael W. Dols.

era la persistente cuestión de la utilidad, a la que una cultura no podía dar respuesta, como podía hacerlo un mecenas, con un ademán. Para el musulmán estricto, el conocimiento era siempre un medio más que un fin, subordinado a la consecución de la salvación personal, a la adquisición de la sabiduría (definida en términos religiosos), al gobierno de la mancomunidad islámica o a algún otro propósito manifiestamente práctico.

Otro obstáculo que la ciencia griega tenía que superar era su origen foráneo y su carácter racional. Los propios musulmanes dividían el saber en dos categorías: por una parte, el tradicional; por otra, el foráneo o racional. Las disciplinas tradicionales eran las basadas en el Corán: gramática, poesía, historia, teología y derecho. Éstas se apoyaban en la autoridad divina y a menudo eran enseñadas oralmente (reflejando la naturaleza oral de las revelaciones de Mahoma y de su propia enseñanza). La obligación del practicante de estas disciplinas era la completud y fidelidad de la transmisión. En cambio, las disciplinas foráneas obtenidas de los griegos eran de origen más humano que divino. En lugar de ser aceptadas por la autoridad o la tradición, tenían que aprehenderse por la razón. Su transmisión se hacía principalmente a través de la palabra escrita, y era objeto de corrección y comentario crítico. Cualquier intento de aplicar la metodología de las ciencias foráneas a las disciplinas tradicionales corría riesgos obvios. Y, por tanto, era inevitable que las ciencias extranjeras fueran vistas como una amenaza por la gente de tendencia conservadora.

¿Cuál era, pues, el destino de las ciencias foráneas en el Islam? No es posible dar una respuesta simple, aplicable a todas las épocas y lugares. En realidad, la situación histórica era tan compleja que los historiadores especializados en el Islam no pueden ponerse de acuerdo sobre cómo caracterizarla. Actualmente hay dos interpretaciones totalmente diferentes. Según una de ellas, las ciencias foráneas nunca dejaron de ser vistas por la gran mayoría de los musulmanes como inútiles, ajenas y tal vez peligrosas. Iban a contrapelo del pensamiento ortodoxo, no satisfacían ninguna necesidad fundamental y eran excluidas del sistema educativo en desarrollo. Como consecuencia de ello, las ciencias foráneas nunca se integraron profundamente en la cultura islámica, sino que sobrevivieron de un modo marginal. Por ello, los logros indiscutiblemente importantes de los científicos y filósofos naturales islámicos debieron emanar de enclaves aislados de estudiosos protegidos de las presiones de la ortodoxia (como una corte real durante un periodo de tolerancia inusual) o deseosos, por razones que sólo ellos conocían, de ir contra las directrices culturales. Ésta ha sido llamada «la tesis de la marginalidad» a causa de su afirma-

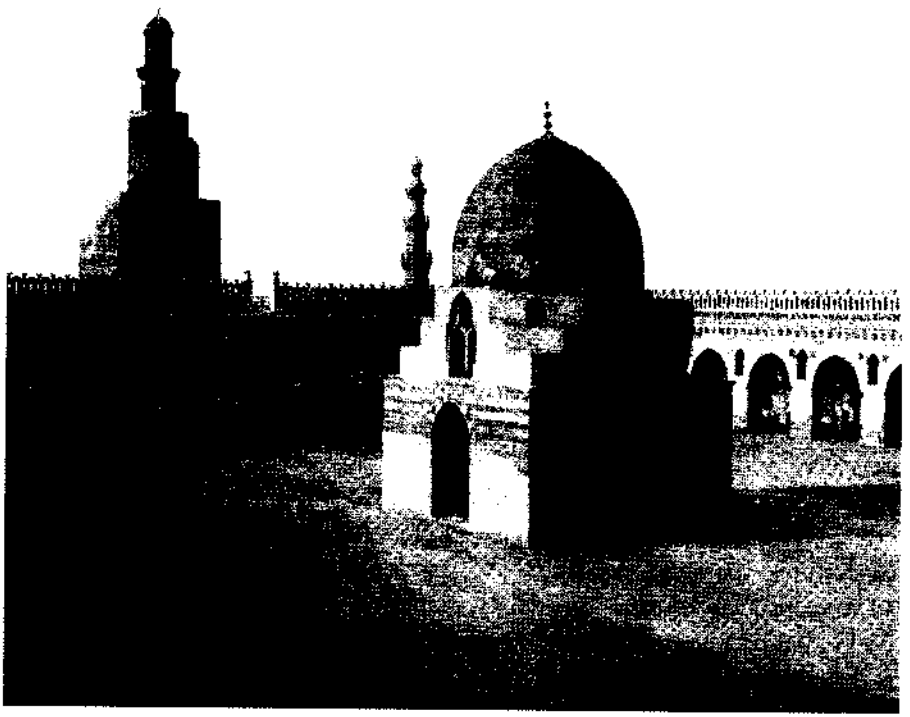


FIG. 8.2. *Mezquita de Ibn Tūlūn (siglo IX)*. El Cairo.
Foto Marburg/Art Resources N. Y.

ción de que la ciencia en el Islam nunca fue más que una actividad marginal.[12]

La teoría alternativa ve el encuentro islámico con la ciencia desde una perspectiva totalmente distinta. Por más que acepta que la sospecha y la hostilidad existían, esta teoría mantiene que en general la ciencia y la filosofía natural griega en el Islam disfrutó de una recepción razonablemente hospitalaria. Después de todo, el Islam no rechazó los frutos del saber foráneo, sino que, a despecho de la oposición conservadora, emprendió un notable

12. Véase especialmente Grunebaum, *Islam: Essays in the Nature and Growth of a Cultural Tradition*, cap. 6. Para una formulación algo menos extrema del mismo punto de vista, véase Peters, *Aristotle and the Arabs*, cap. 4.

programa de recuperación y cultivo. Además, uno puede señalar muchos ejemplos de integración de las disciplinas foráneas en el saber tradicional y la cultura islámica más en general. Así, la lógica llegó a incorporarse a la teología y el derecho; la astronomía se convirtió en una herramienta indispensable para el *muwaqqit*, que era el responsable de determinar los momentos de las plegarias diarias en su localidad; y las matemáticas se convirtieron en esenciales para una amplia variedad de propósitos comerciales, legales y de gobierno. El hecho de que las matemáticas y la astronomía fueran ocasionalmente enseñadas en las escuelas musulmanas de mayor nivel, las *madrasahs* o los colegios de derecho, da testimonio del alto nivel de aceptación e integración. Según esta interpretación, el Islam se apropió con total éxito de amplias porciones del saber foráneo, a pesar de la oposición. Llamemos a ésta la «tesis de la apropiación». Desde este punto de vista, las ciencias foráneas no conquistaron las disciplinas tradicionales, pero hicieron las paces con ellas aceptando actuar como sus siervas.[13]

La brecha entre estas dos interpretaciones es importante. Y, dado el actual estado de la investigación en la historia de la ciencia islámica, no parece probable que la disputa vaya a resolverse pronto. Pero pueden hacerse algunas observaciones, que pueden ayudar a mediar entre las dos posiciones. Primero, debemos aceptar que la tesis de la marginalidad en su forma fuerte es insostenible. El cultivo de la filosofía natural griega y de la ciencia matemática fue demasiado amplio y logrado para ser visto como un producto marginal de la cultura islámica. Pero concediendo esto a los «apropiacionistas», debemos pasar a destacar que la ciencia estaba lejos de ser central en la cultura islámica y que dentro del Islam había fuerzas que tendían a marginar a las ciencias foráneas, lo que equivale a decir que los «marginalistas» apuntan a una característica real de la cultura del Islam. Para ser más concreto, en el Islam el saber griego nunca encontró un hogar institucional seguro, como lo hallaría posteriormente en las universidades del cristianismo medieval. Una razón de por qué esto fue así es que las escuelas islámicas carecían de la estructura y uniformidad de las de Occidente, especialmente en los niveles más altos.[14] Esta fal-

13. La afirmación más elocuente de la «tesis de la apropiación» es de A. I. Sabra, «The Appropiation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam»; véase también Sabra, «The Scientific Enterprise».

14. Sobre la educación musulmana, véanse Bayard Dodge, *Muslim Education in Medieval Times*; George Makdisi, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and in the West*; Peters, *Aristotle and the Arabs*, cap. 4; Fazlur Rahman, *Islam*, 2ª ed., cap. 11; y Medhi Nakosteen, *History of Islamic Origins of Western Education*.

ta de estructura proporcionaba libertad al estudioso concreto que se interesaba por una especialidad cualquiera. La libertad aseguraba la diversidad y proporcionaba espacio al practicante de la filosofía y la ciencia griegas; pero también aseguraba que las escuelas islámicas jamás desarrollaran un currículum que enseñara sistemáticamente las ciencias foráneas. En resumen, la educación islámica no hizo nada para prohibir las ciencias foráneas, pero tampoco hizo mucho para apoyarlas. Este hecho puede ayudarnos a entender el declive de la ciencia islámica en los siglos XIII y XIV.

El logro científico islámico

A principios del siglo XX, el distinguido físico-filósofo-historiador Pierre Duhem lanzó un desafío a los historiadores de la ciencia islámica cuando escribió: «No existe ciencia árabe [léase "islámica"]. Los hombres sabios del mahometismo eran siempre los discípulos más o menos fieles de los griegos, pero por sí mismos carecían de toda originalidad».[15] Está claro que Duhem estaba equivocado, pero aún así su afirmación es útil como medio de centrar nuestra atención sobre una cuestión crucial: viendo exactamente lo que es erróneo en la afirmación de Duhem, nos ponemos en disposición de aprender algo importante sobre el carácter del logro científico islámico.

Simplemente no es verdad que los practicantes musulmanes de la ciencia griega «carecieran de toda originalidad». Y una posible respuesta a Duhem, por tanto, es demostrar esto enumerando las cuantiosas contribuciones de los médicos islámicos y de los filósofos naturales. Para dar tan sólo un ejemplo, el musulmán del siglo XI Ibn al-Haytam dirigió su capacidad crítica a la práctica totalidad del logro científico griego e hizo contribuciones de la mayor importancia y originalidad en la astronomía, las matemáticas y la óptica. Desafortunadamente, llevar a cabo este programa de recuento de las contribuciones musulmanas a las distintas ciencias requeriría volúmenes, y debemos contentarnos con metas más modestas, aunque a continuación y en los capítulos siguientes trataremos de las contribuciones islámicas a ciertas áreas específicas del discurso científico.[16]

15. «Physics, History of», *The Catholic Encyclopedia* (1911), 11, pág. 49.

16. No existe una historia general aceptable de la ciencia islámica. Para un excelente resumen, véanse A. I. Sabra, «Science, Islamic», *Dictionary of the Middle Ages*, 11, págs. 81-88; y «The Scientific Enterprise». Véanse también Max Meyerhof, «Science and Me-

Pero la afirmación de Duhem nos ofrece otro punto de entrada al problema, que puede llevarnos a la cuestión central. Duhem mantiene que los eruditos musulmanes interesados en las ciencias foráneas «eran siempre los discípulos más o menos fieles de los griegos». Lo dice con un propósito despectivo, como prueba de que los musulmanes no eran auténticos científicos. Es decir, asocia el discipulado con una actitud no científica (lo cual nos dice algo de su definición de ciencia). Sin embargo, podemos darle la vuelta a la afirmación de Duhem y afirmar que los musulmanes entraron en la tradición científica occidental y se convirtieron en científicos y filósofos naturales precisamente por convertirse en discípulos de los griegos. Desde este punto de vista, en lugar de antitético, el discipulado es esencial a la empresa científica. Y los musulmanes se convirtieron en científicos, no repudiando la tradición científica existente, sino uniéndose a ella, convirtiéndose en discípulos de la tradición científica más avanzada que jamás había existido.

¿Qué significa ser un discípulo? Para los aspirantes a científico musulmanes significaba adoptar la metodología y el contenido de la ciencia griega. De una manera general, la ciencia islámica se construyó sobre cimientos griegos y se desarrolló según los principios arquitectónicos griegos. Los musulmanes no intentaron derribar el edificio griego y empezar desde cero, sino que se dedicaron a completar el proyecto griego. Eso no significa que la originalidad y la innovación no existieran. Significa que los científicos musulmanes expresaron la originalidad y la innovación a través de la corrección, extensión, articulación y aplicación del marco existente, más que por medio de la creación de uno nuevo. Si esto parece una admisión irrefutable, debemos entender que el grueso de la ciencia moderna consiste en la corrección, extensión y aplicación de los principios científicos heredados. Una ruptura fundamental con el pasado es más o menos tan excepcional hoy como lo fue en el Islam medieval.

Los científicos musulmanes eran conscientes de su relación con el pasado. Uno de los primeros, al-Kindī († ca. 866), que cultivó las ciencias matemáticas bajo varios de los primeros califas 'Abbāsíes en Bagdad, reconocía su deuda con los predecesores antiguos y su pertenencia a una tradición continua. Si no hubiera sido por los antiguos, escribió al-Kindī,

---

dicine», y Carra de Vaux, «Astronomy and Mathematics», ambos en Thomas Arnold y Alfred Guillaume (comps.), *The Legacy of Islam*; E. S. Kennedy, «The Exact Sciences», en R. N. Frye (comp.), *The Cambridge History of Islam*, 4, págs. 378-395; y Kennedy, «The Arabic Heritage in the Exact Sciences». Existe también una excelente y creciente literatura especializada sobre las disciplinas científicas particulares.

> habría sido imposible para nosotros, a pesar de nuestro celo, en toda nuestra vida, reunir esos principios de verdad que forman la base de nuestras inferencias finales de investigación. El ensamblaje de todos estos elementos ha sido llevado a cabo siglo tras siglo, desde los tiempos remotos hasta nuestros propios días.

Al-Kindī pensaba que su obligación era completar, corregir y comunicar este cuerpo de saber. Continuaba:

> Así pues, es conveniente [para nosotros] permanecer fieles al principio que hemos seguido en todas nuestras obras, que es primero registrar en citas completas todo lo que los antiguos han dicho sobre el tema, segundo completar lo que los antiguos no han expresado totalmente, y eso según el uso de nuestra lengua arábiga, la costumbre de nuestro tiempo y nuestra propia habilidad.

Doscientos años después, al-Bīrūnī († después del 1050) todavía podía considerar que la tarea a la que se enfrentaba el científico musulmán era «continuar nosotros mismos lo que los antiguos trataron y esforzarnos para perfeccionar lo que pueda ser perfeccionado».[17] La astronomía islámica es una buena ilustración de la relación entre la ciencia islámica y la griega. Los astrónomos musulmanes llevaron a cabo gran cantidad de trabajo astronómico especializado. Este trabajo se realizó en gran parte dentro del marco ptolemaico (aunque debemos reconocer influencias iniciales hindúes en la astronomía islámica, en general desplazadas por el acceso posterior al *Almagesto* de Ptolomeo y a otras obras astronómicas griegas). Los astrónomos musulmanes trataron de articular y corregir el sistema ptolemaico, mejorar la medida de las constantes ptolemaicas, compilar tablas planetarias basadas en los modelos de Ptolomeo y diseñar instrumentos que pudieran usarse para la extensión y mejora de la astronomía ptolemaica en general.

Para dar sólo unos pocos ejemplos, al-Farghānī († después del 861), un astrónomo empleado en la corte de al-Ma'mūn, escribió un manual elemental, no matemático, de astronomía ptolemaica, que tuvo amplia difusión en el Islam y (tras la traducción al latín) en el cristianismo medie-

17. Al-Kindī es citado por Richard Walzer, «Arabic Transmission of Greek Thought to Medieval Europe», págs. 172-173, 175 (con cambios menores). Para al-Bīrūnī, véase De Vaux, «Astronomy and Mathematics», pág. 376.

val. Tābit ibn Qurra († en el 901), otro astrónomo de corte en Bagdad, estudió los movimientos aparentes del Sol y la Luna sobre principios ptolemaicos; concluyó que la precesión de los equinoccios no es uniforme y diseñó una teoría de la precesión variable (llamada «trepidación») para explicarlo. Al-Battānī († en el 929) introdujo mejoras matemáticas en la astronomía ptolemaica, estudió el movimiento del Sol y la Luna, calculó nuevos valores para los movimientos solar y lunar y la inclinación de la eclíptica, descubrió el movimiento de la línea de los ápsides del Sol (el desplazamiento del perigeo del Sol, o mayor aproximación a la Tierra, en los cielos), trazó un catálogo estelar corregido y dio directrices para la construcción de instrumentos astronómicos, incluido un reloj de sol y un cuadrante mural. El hecho de que al-Battānī todavía siguiese siendo citado en los siglos XVI y XVII (por Copérnico y Kepler, entre otros) da testimonio de la calidad de su trabajo astronómico. Finalmente, el Islam asistió a un debate entre los defensores de las esferas concéntricas de Aristóteles orientadas hacia la física y el sistema ptolemaico orientado hacia la matemática. Este debate, que tuvo lugar sobre todo en el siglo XII en España, acabó sin resolverse.[18]

La óptica es otro ejemplo de logros científicos importantes en el Islam. En esta materia encontramos innovaciones al menos tan fundamentales como en la astronomía, innovaciones, no obstante, que surgieron de la reconciliación y consolidación de distintas tradiciones antiguas. Para ser más concreto, Ibn al-Haytam († ca. 1040), que servía en la corte de El Cairo (donde una dinastía musulmana separatista había establecido su propio califato), siguió la pista de Ptolomeo al combinar lo que originalmente habían sido enfoques griegos separados de los fenómenos ópticos (matemático, físico y médico). En el caso de Ibn al-Haytam, esta síntesis produjo una nueva teoría de la visión, construida sobre la idea de que la luz se transmite del objeto visual al ojo, que iba a prevalecer en el Islam y después en Occidente (véase el capítulo 12) hasta que Kepler ideó la teoría de la imagen retiniana en el siglo XVII.[19]

18. Véanse A. I. Sabra, «Al-Farghānī», *Dictionary of Scientific Biography*, 4, págs. 541-545; B. A. Rosenfeld y A. T. Grigorian, «Thābit ibn Qurra», *Dictionary of Scientific Biography*, 13, págs. 288-295; y Willy Hartner, «Al-Battānī», *Dictionary of Scientific Biography*, 1, págs. 507-516. Sobre la astronomía islámica, véanse capítulo 11 y las fuentes citadas allí.

19. Véanse David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, esp. cap. 4; y A. I. Sabra, «Ibn al-Haytham», *Dictionary of Scientific Biography*, 6, págs. 189-210.

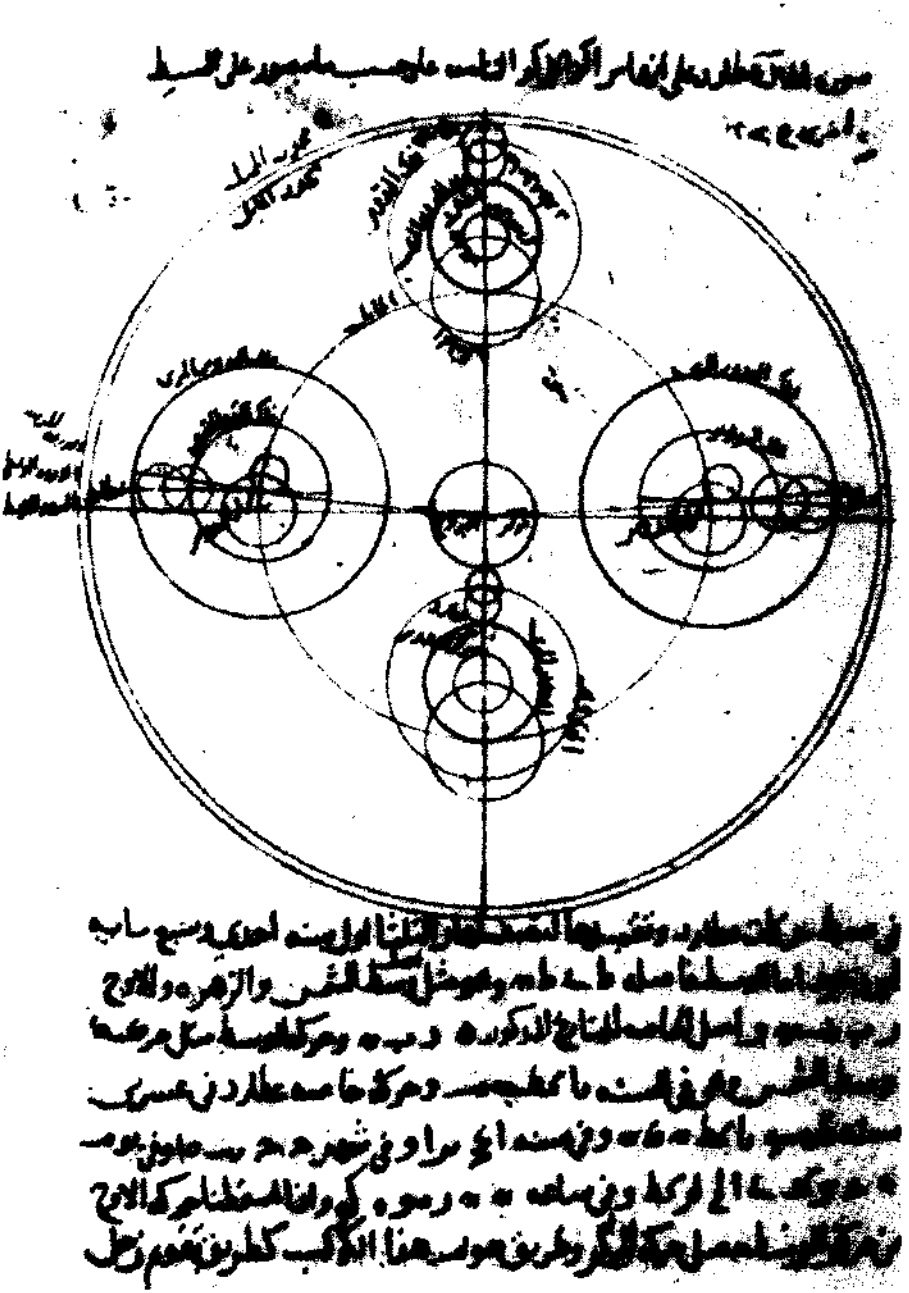


FIG. 8.3. *El movimiento de Mercurio según Ibn ash-Shāṭir (siglo XIV).* Oxford, Bodleian Library, MS Marsh 139, fol. 29r.

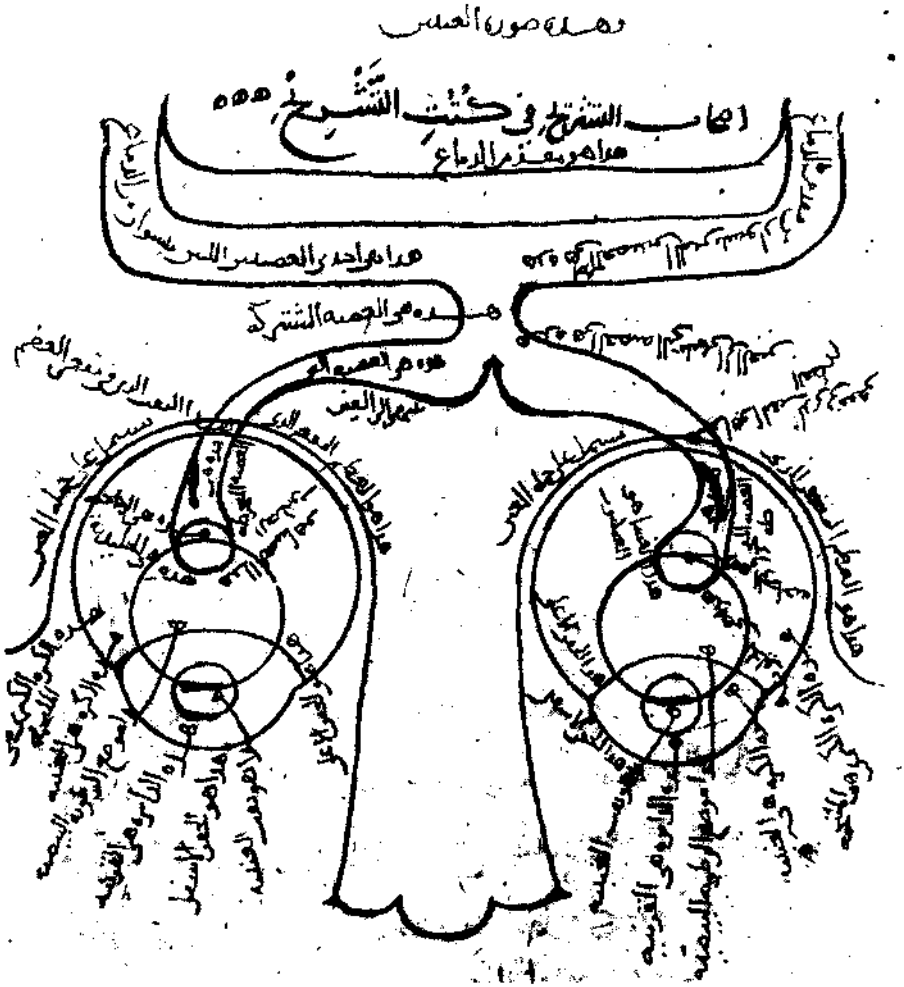


FIG. 8.4. *Los ojos y el sistema visual según Ibn al-Haytam.* De una copia del *Libro de óptica* de Haytam hecha en 1083 d.C., Estambul, Süleimaniye Library, MS Fatih 3212, vol. 1, fol. 81v.

LA DECADENCIA DE LA CIENCIA ISLÁMICA

El movimiento científico en el Islam fue importante y duradero. La traducción de las obras griegas al árabe empezó en la segunda mitad del siglo VIII. A finales del siglo IX la labor traductora había alcanzado su cima, y la investigación seria ya estaba en marcha. Desde mediados del si-

glo IX hasta bien entrado el siglo XIII, encontramos que se lleva a cabo un impresionante trabajo científico en todas las ramas importantes de la ciencia griega, a todo lo largo del mundo islámico. El periodo de preeminencia en la ciencia islámica duró quinientos años, un periodo de tiempo mayor que el que ha existido entre Copérnico y nosotros.

El movimiento científico tuvo sus orígenes, a fines prácticos, en Bagdad bajo los 'Abbāsíes, aunque en Oriente Próximo llegó a haber muchos otros centros de mecenazgo científico. A principios del siglo XI, El Cairo, bajo los Fatimíes, se convirtió en rival de Bagdad. Entretanto, las ciencias foráneas habían tenido su desarrollo en España, donde los Omeyas, desplazados en Oriente Próximo por los 'Abbāsíes, construyeron una magnífica corte en Córdoba. Bajo el patronazgo de los Omeyas, en los siglos XI y XII, las ciencias florecieron. A este desarrolló contribuyó al-Hakam († en el 976), que construyó y reunió una impresionante biblioteca en Córdoba. Otra gran colección de libros científicos se hallaba en Toledo.

Pero durante los siglos XIII y XIV, la ciencia islámica fue declinando y, en el siglo XV, quedaba poco de ella. ¿Cómo sucedió esto? No se ha investigado lo suficiente para permitirnos seguir estos desarrollos con seguridad, u ofrecer una explicación satisfactoria, pero pueden identificarse varios factores causales. Primero, las fuerzas religiosas conservadoras se dejaron sentir de modo creciente. En ocasiones esto tomó la forma de una completa oposición, como en la famosa quema de libros sobre ciencias foráneas en Córdoba a finales del siglo X. Sin embargo, a menudo el efecto fue más sutil: no la extinción de la actividad científica, sino la alteración de su carácter, por la imposición de una definición estrecha de la utilidad. O dicho de otra manera, la ciencia se naturalizó en el Islam —perdió su cualidad de extranjera y finalmente e convirtió en ciencia islámica, en lugar de ciencia griega practicada en suelo islámico—, aceptando un papel de sierva enormemente restrictivo. Eso significó la pérdida de atención respecto a muchos problemas que antes habían parecido importantes.

Segundo, una empresa científica floreciente requiere paz, prosperidad y mecenazgo. En el Islam medieval tardío, los tres empezaron a desaparecer como resultado de la continua y desastrosa guerra entre facciones y Estados insignificantes dentro del Islam, y el ataque desde el exterior. En Occidente, la reconquista cristiana de España empezó a hacer serios progresos, si bien esporádicos, aproximadamente después de 1065 y continuó hasta que la península estuvo en manos cristianas dos siglos más tarde. Toledo cayó bajo el dominio cristiano en 1085, Córdoba en 1236 y

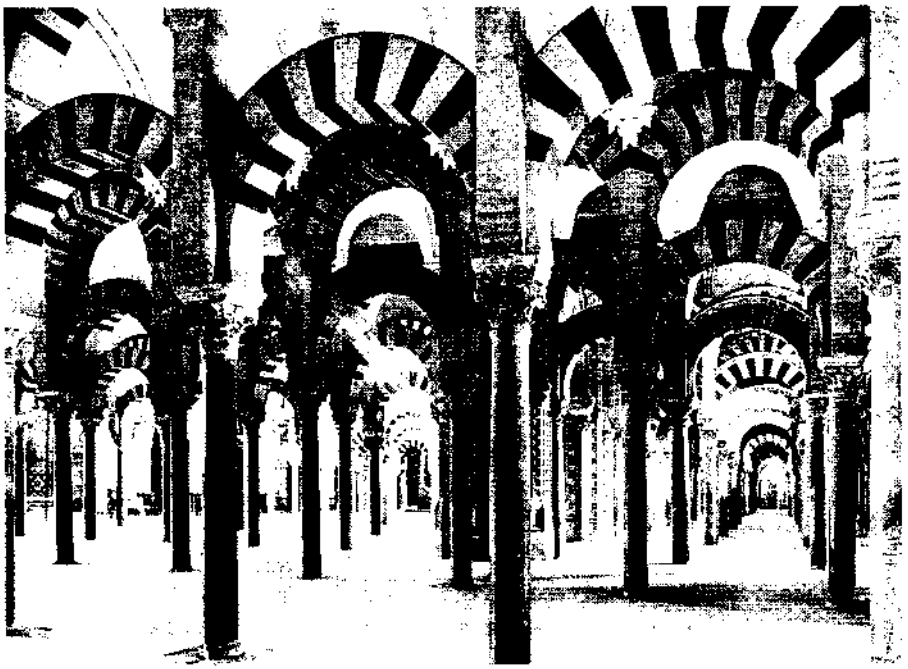


FIG. 8.5. *Interior de la gran mezquita de Córdoba, construida a mitad del siglo VIII d.C.* Foto Marburg/Art Recource N. Y.

Sevilla en 1248. En Oriente, los mongoles empezaron a presionar las fronteras del Islam a principios del siglo XIII. En 1258 tomaron Bagdad, llevando al califato 'Abbāsī a su fin. Ante la empobrecedora guerra, la quiebra económica y la consecuente pérdida de patronazgo, las ciencias fueron incapaces de subsistir por sí mismas. Al valorar este colapso, debemos tener presente que, en un nivel avanzado, las ciencias foráneas en el Islam jamás habían hallado un hogar institucional estable, que en los ambientes religiosos conservadores continuaron siendo vistas con sospecha, y puede que su utilidad (especialmente como disciplinas avanzadas) no pareciera muy grande. Afortunadamente, antes de que los productos de la ciencia islámica pudieran perderse, se entró en contacto con el cristianismo, y el proceso de la transmisión cultural empezó de nuevo.

Capítulo 9

La revitalización del saber en Occidente

La Edad Media

Hasta aquí he empleado la expresión «Edad Media» sin definirla y sin especificar límites cronológicos exactos. Éste puede ser un caso en el que la imprecisión es una virtud, puesto que los propios historiadores no se ponen de acuerdo sobre qué significa la expresión. Pero ha llegado el momento de ser un poco más precisos. La idea de la Edad Media (o periodo medieval) surgió primero en los siglos XIV y XV entre los estudiosos humanistas italianos, que detectaron un oscuro periodo intermedio entre el deslumbrante logro de la antigüedad y la ilustración de su propia edad. Esta opinión despectiva (captada en el epíteto familiar de «edad oscura») ahora ha sido casi totalmente abandonada por los historiadores profesionales en favor de un punto de vista neutral que considera la «Edad Media» simplemente como un periodo de la historia occidental, durante el cual se hicieron destacadas e importantes contribuciones a la cultura occidental, contribuciones que merecen considerable e imparcial investigación y evaluación.

Los límites cronológicos de la Edad Media son necesariamente borrosos, debido a que la cultura medieval (no importa lo que consideremos exactamente que sea) aparece y desaparece gradualmente, y en diferentes momentos en distintas regiones. Si hemos de dar fechas, puede considerarse que la Edad Media cubre el periodo que va desde el final de la civilización romana en el Occidente latino (el año 500 es un buen punto de partida aproximado) hasta 1450, cuando la revitalización artística y literaria conocida usualmente como Renacimiento estaba inconfundiblemente en marcha. Para nuestros propósitos será conveniente subdividir

este periodo en Edad Media inicial (aproximadamente del 500 al 1000), un periodo de transición (del 1000 a 1200) y la baja o tardía Edad Media (de 1200 a 1450 aproximadamente). No son exactamente las subdivisiones estándar (frecuentemente se distingue Edad Media «alta» y «baja»), pero servirán a nuestros propósitos.

Las reformas carolingias

Hemos señalado (capítulo 7) las vicisitudes del Imperio romano en declive en el Occidente latino y la aparición de estructuras socio-religiosas, tales como el monacato, que consideramos típicamente medievales. El Occidente europeo atravesó un proceso de desurbanización. Las escuelas clásicas se deterioraron, y el liderazgo en la promoción de la alfabetización y el saber pasó a los monasterios, donde sobrevivió una escuálida versión de la tradición clásica como sierva de la religión y la teología. No estoy sugiriendo que esta educación monástica eliminara totalmente las alternativas. Sobrevivieron algunas escuelas municipales, especialmente en Italia. Las escuelas palaciegas y episcopales nunca desaparecieron completamente. Y algunas de las grandes familias siempre se las arreglaron para organizar clases particulares. Afirmo simplemente que los monasterios se convirtieron en la fuerza educativa dominante.

¿Significó esto el final de la investigación seria? Algunos, que han decidido definir «investigación» como una continuación de la cultura griega y romana, así lo han considerado. Pero parece un serio error. No hay duda de que la investigación decayó en cantidad y en calidad. Pero la noción de que desapareció como una actividad productiva es una ilusión fomentada por la incapacidad de buscar lo adecuado o de buscar en los lugares adecuados. De hecho, la investigación continuó, pero adoptando nuevas formas y con el enfoque cambiado.

El nuevo enfoque era religioso o eclesiástico: lo que vino a ocupar las mejores mentes culturalmente fue la interpretación bíblica, la historia religiosa, el gobierno de la Iglesia y el desarrollo de la doctrina cristiana. Boecio (480-524) no sólo tradujo partes de la lógica de Aristóteles y escribió manuales sobre las artes liberales, como hemos visto, también escribió un conjunto de tratados breves que abordaban las controversias teológicas contemporáneas. Isidoro de Sevilla (ca. 560-636) escribió no sólo las *Etimologías* y *Acerca de la naturaleza de las cosas*, las obras enciclopédicas que contienen su filosofía natural, sino también manuales para instruir al

clero sobre materias de historia, teología, interpretación bíblica y liturgia. Gregorio de Tours († en el 595) escribió una *Historia de los francos*, que documenta la expansión del cristianismo en el territorio franco. Gregorio el Grande (ca. 550-604), que llegó a ser Papa en el 590, compuso un influyente corpus de sermones, disertaciones, diálogos y comentarios bíblicos. Y Beda († en el 735), junto con sus libros sobre cronometría y el calendario, nos dejó comentarios bíblicos, sermones y hagiografías (vidas de santos).

En estas obras religiosas o teológicas prácticamente no hay ciencia o filosofía natural, pero la lógica y la metafísica griegas hacen acto de presencia. Boecio sienta el modelo en su decidido esfuerzo de considerar cuidadosamente problemas tales como la presciencia divina o la naturaleza de la trinidad divina con ayuda de la lógica aristotélica y de la metafísica platónica y aristotélica. Isidoro intentó explicar el origen de varias herejías cristianas mediante paralelos en la tradición filosófica. Incluso Gregorio el Grande, un crítico declarado del saber pagano, puso de manifiesto en muchos puntos las bases filosóficas implícitas o explícitas de su teología.[1]

A finales del siglo VIII hubo un estallido de actividad investigadora asociado con la corte de Carlomagno (Carlos el Grande). En el 786 Carlomagno heredó un reino franco que abarcaba partes de la moderna Alemania y la mayor parte de Francia, Bélgica y Holanda. A su muerte, en el 814, Carlomagno había ensanchado el reino (que conocemos como el Imperio carolingio) hasta incluir más territorio germano, Suiza, parte de Austria y más de la mitad de Italia, el primer intento serio de un gobierno centralizado en Europa occidental desde la desaparición del Imperio romano (véase el mapa 5). Como parte de un programa para el fortalecimiento de la Iglesia y del Estado (y al mismo tiempo actuar como emperador) Carlomagno emprendió reformas educativas, importando sabios del extranjero para organizar una escuela de palacio y ordenando el establecimiento de escuelas monásticas y episcopales en todo el reino. Carlomagno convenció a Alcuino, director de la escuela episcopal de York, en el norte de Inglaterra, para que acudiera y dirigiera su iniciativa educativa.

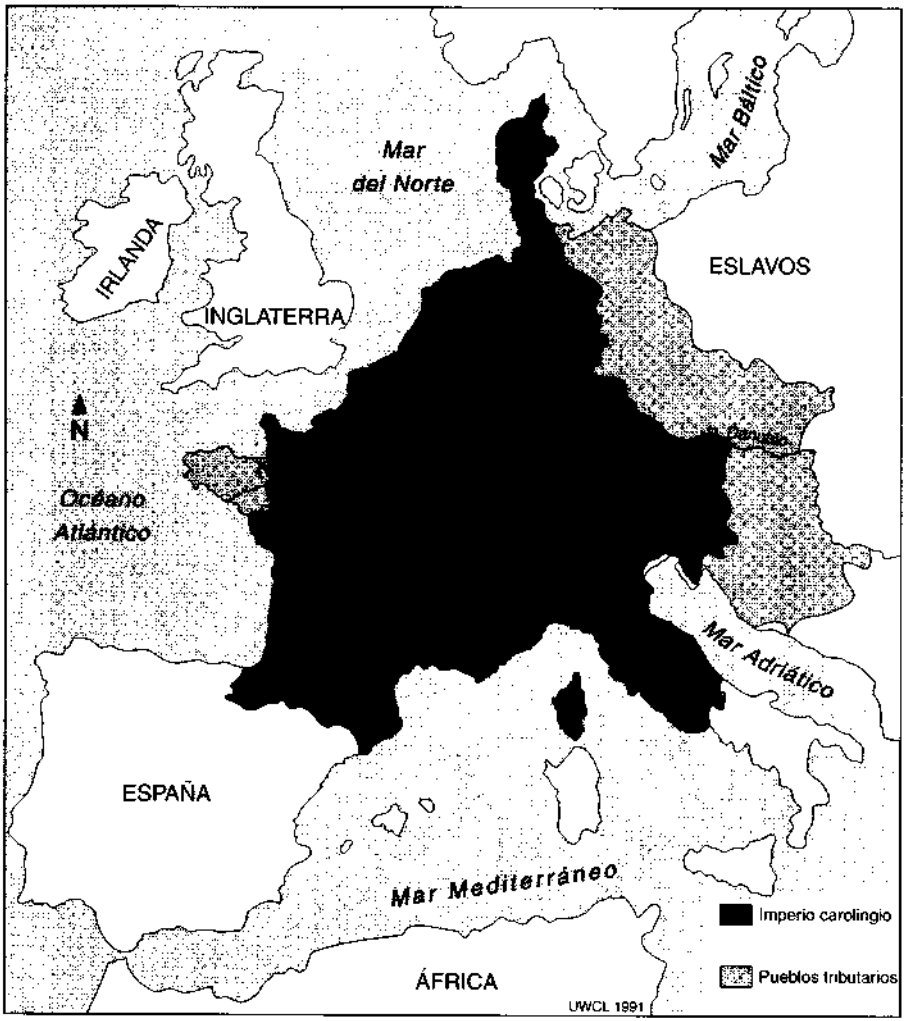
Alcuino (ca. 730-804), un beneficiario de la tradición de la erudición irlandesa (véase el capítulo 7) que podía retrotraer su linaje intelectual directamente hasta Beda, creó una próspera escuela palaciega, que educó a

1. John Marenbon, *Early Medieval Philosophy (480-1150)*, caps. 4-5; M. L. W. Laistner, *Thought and Letters in Western Europe*, caps. 3-4; G. R. Evans, *The Thought of Gregory the Great*, págs. 55-68.

la familia real y proporcionó al reino funcionarios religiosos y políticos cultos. Sabemos poco sobre el currículum, pero está claro que las siete artes liberales estaban incluidas y que incluso la astronomía se enseñaba a un cierto nivel. El propio Alcuino escribió libros de texto sobre el trivio. Los discípulos de Alcuino fueron nombrados obispos y abades, y con los esfuerzos de uno y otros el nivel medio educativo del clero se elevó. En torno de Alcuino se formó un grupo de eruditos interesados en las controversias teológicas contemporáneas y que eran capaces de contribuir a ellas. Bajo su liderazgo se recolectaron libros, se corrigieron y se copiaron, incluidas las obras de los padres de la Iglesia y ocasionalmente algún autor clásico. Finalmente, uno de los pasos más importantes y duraderos que consiguieron Carlomagno y Alcuino fue el edicto imperial ordenando el establecimiento de escuelas monásticas y episcopales, que contribuyeron a la mayor difusión de la educación (dirigida al clero, desde luego) que el Occidente latino había tenido durante varios siglos, y sentó los cimientos de la futura investigación.[2]

Los beneficios de estas reformas educativas pueden verse en las carreras de dos estudiosos, uno del siglo IX y otro del X. Juan Escoto Erigena (fl. 850-875), un irlandés ligado a la corte del nieto de Carlomagno, Carlos el Calvo, fue indudablemente el erudito más capaz del siglo IX en el Occidente latino. Erigena incluía entre sus muchas dotes una mente aguda, original y un raro talento lingüístico. Poseía un excelente dominio del griego, probablemente aprendido primero en la escuela monástica irlandesa, pero mejorado después de su llegada al continente, que usó en la traducción de varios tratados teológicos griegos al latín: primero, a petición de Carlos el Calvo, las obras del pseudo-Dionisio (un neoplatónico cristiano anónimo del 500 d.C. aproximadamente); después, obras de varios padres de la Iglesia griegos. Erigena también escribió tratados teológicos originales y sofisticados, en los que desarrolló el neoplatonismo del pseudo-Dionisio e intentó una síntesis de la teología cristiana (con un sesgo griego) y la filosofía neoplatónica. Su *Acerca de la naturaleza*, un intento de dar una explicación global de las cosas creadas, contiene una filosofía natural bien articulada (y, desde luego, totalmente cristiana). Fi-

2. Para un cuidadoso análisis del significado exacto y la importancia del decreto de fundación de las escuelas monásticas, véase M. M. Hildebrandt, *The External Schools in Carolingian Society*. Sobre Alcuino y las reformas educativas carolingias en general, véanse Heinrich Fichtenau, *The Carolingian Empire*, cap. 4; John Marenbon, *From the Circle of Alcuin to the School of Auxerre*, cap. 2; y Laistner, *Thought and Letters*, cap. 7.



MAPA 5. *El Imperio carolingio hacia el 814.*

nalmente, escribió un comentario sobre el libro de texto de gran influencia de Marciano Capella sobre las artes liberales, *Las nupcias de Filología y Mercurio*, presumiblemente en conexión con sus responsabilidades docentes. Erigena tuvo un [illegible]enso impacto en el séquito de discípulos y, a través de ellos, una continua influencia en el pensamiento occidental.[3]

3. Sobre Erigena y su círculo, véanse John J. O'Meara, *Eriugena*; Marenbon, *Early Medieval Philosophy*, cap. 6; y Marenbon, *Circle of Alcuin*, caps. 3-4.

FIG. 9.1. *Personificación del cuadrivio. De izquierda a derecha: la música, la aritmética, la geometría y la astronomía.* De una copia del siglo IX de la *Aritmética* de Boecio, Bamberg, MS Class. 5 (HJ.IV.12), fol. 9v.

Otro beneficiario de las reformas educativas carolingias surgió un siglo después de la escuela monacal de Aurillac, en el centro del sur de Francia. Gerberto (ca. 845-1003) disfrutó de una meteórica carrera, explicable mediante una combinación de talento intelectual y oportunismo político. Nacido en un entorno humilde, recibió una importante educación en Aurillac, y después en el norte de España, donde estudió por un tiempo. Fue de España a la importante escuela episcopal de Reims, en el norte de Francia, primero como estudiante y posteriormente como director. Desde Reims fue al norte de Italia como abad del monasterio de Bobbio, volvió a Reims como arzobispo, y regresó a Italia como arzobispo de Rávena. Finalmente, en el 999 su patrón Otto III (emperador sajón) veló por su elección como papa Silvestre II.

Ha sido usual concentrarse en el papel de Gerberto como uno de los iniciadores del fructífero contacto entre el Islam y el cristianismo latino. Pero antes de examinar este aspecto de sus logros, debemos hacer notar que también contribuyó a una tradición más antigua de erudición, la recuperación y difusión de las artes liberales clásicas, especialmente la lógica aristotélica tal como fue transmitida por Boecio y otras fuentes latinas. En Reims, Gerberto dio clases sobre varias obras lógicas de Aristóteles, Cicerón, Porfirio y Boecio; también compuso al menos un tratado lógico propio. Sin embargo, la fama de Gerberto se debe a su contribución al cuadrivio matemático, y aquí la conexión con el Islam fue decisiva. No hay duda de que cuando Gerberto cruzó los Pirineos hacia la esquina noreste de España, en el 967, para estudiar con Atto, obispo de Vic, su propósito era llegar a dominar las ciencias matemáticas, que aparentemente allí (debido a su proximidad con el Islam) se cultivaban a un nivel más alto que en cualquier parte al norte de los Pirineos.

No conocemos al detalle los estudios de Gerberto, pero su posterior carrera proporciona un testimonio elocuente de su dominio de las ciencias matemáticas —sin igual en el Occidente latino en muchos siglos, aunque todavía muy modesto en comparación con lo mejor de las matemáticas griegas— y de su familiaridad con los logros islámicos en matemáticas y astronomía. Su correspondencia, a pesar del turbulento contexto religioso y político en que fue escrita, está plagada de referencias a las matemáticas, a la astronomía, a manuscritos que había que copiar o corregir (incluida la *Historia natural* de Plinio), a libros traducidos y a obras que había que conseguir (incluidas las de Boecio y Cicerón). En una carta, Gerberto pide un libro sobre la multiplicación y la división de José el Español (un cristiano arábigoparlante); en otra, solicita un libro sobre as-

FIG. 9.2. *Claustro de Santa María de Ripoll en Cataluña, España.* Cortesía de William of Courtenay.

tronomía traducido del árabe por Lupitus (archidiácono de la catedral de Barcelona); y en otra, anuncia el descubrimiento de una obra astronómica que él cree escrita por Boecio. Elogia a su patrón, Otto III, por su interés en los números. Instruye a amigos y colegas sobre cómo resolver distintos problemas aritméticos y geométricos. Ofrece instrucciones sobre la construcción de un modelo astronómico (una semiesfera sobre la que están señalados los principales círculos y las constelaciones) y sobre el uso del ábaco para la multiplicación y la división (empleando números arábigos).

Finalmente, es probable que Gerberto, durante sus tres años con Atto en Vic, tuviera alguna conexión con el cercano monasterio de Santa María de Ripoll. No sabemos hasta qué punto este contacto fue estrecho, pero en aquel momento Ripoll parece haber sido un centro de estudios del cuadrivio basado en fuentes árabes. Un manuscrito latino que se ha conservado de la biblioteca del monasterio (data aproximadamente del momento de la visita de Gerberto a España) contiene versiones traducidas de algunos de los tratados árabes importantes sobre las matemáticas y el astrolabio (un instrumento para hacer observaciones y cálculos astronómicos). Es posible que Gerberto se llevara una copia de uno o más de estos tratados al regresar al norte de los Pirineos. Sabemos que cincuenta años después uno de éstos pudo ser encontrado en el monasterio de Rei-

chenau, en el sur de Alemania. Puede que Gerberto también escribiera su propio tratado sobre el astrolabio. Lo que está claro es que Gerberto usó sus influyentes cargos como profesor y dignatario de la Iglesia para impulsar la causa de las ciencias matemáticas en Occidente.[4]

Las escuelas de los siglos XI y XII

Cuando Gerberto murió, en el 1003, la Europa occidental estaba en vísperas de una renovación política, social y económica. Las causas de esta renovación fueron numerosas y complejas. Una de ellas fue la emergencia de monarquías más fuertes, capaces de administrar justicia y reducir el nivel de desorden y violencia internos. Al mismo tiempo, después de las invasiones de los vikingos y magiares, se restablecieron fronteras seguras. En realidad, los europeos, después de ser objeto de agresión durante muchos siglos, empezaron a invertir la situación y se convirtieron en agresores, empujando a los musulmanes fuera de España y enviando ejércitos de cruzados a recuperar la Tierra Santa.

La estabilidad política llevó al crecimiento económico y aumentó la riqueza. La extensión de la economía monetaria al campo impulsó el comercio de los productos agrícolas. Los desarrollos tecnológicos desempeñaron un papel decisivo en la satisfacción de artículos de primera necesidad y en la producción de fuentes de riqueza. El perfeccionamiento y difusión del molino de agua, por ejemplo, dio nacimiento a una pequeña revolución industrial. Y las innovaciones en la agricultura, como el cultivo rotatorio y la invención del arnés del caballo y el arado de ruedas (combinado, posiblemente, con la mejora de las condiciones climáticas), llevaron a un importante crecimiento en la producción de alimentos.[5] Uno de los resultados más dramáticos de estos cambios fue una explosión demográfica. No disponemos de cifras exactas, pero entre los años 1000 y 1200, la po-

4. Sobre Gerberto, véanse Harriet Pratt Lattin (comp. y trad.), *The Letters of Gerbert with His Papal Privileges as Sylvester II*; Cora E. Lutz, *Schoolmasters of the Tenth Century*, cap. 12; y Uta Lindgren, *Gerbert von Aurillac und das Quadrivium: Untersuchungen zur Bildung im Zeitalter der Ottonen*. Sobre el manuscrito de Ripoll, véase J. M. Millas-Vallicrosy, «Translations of Oriental Sientific Works».

5. Sobre la tecnología de este periodo, véanse especialmente Lynn White, Jr., *Medieval Technology and Social Change*; y Jean Gimpel, *The Medieval Machine: The Industrial Revolution of the Middle Ages*. Sobre el molino de agua, véase Terry S. Reynolds, *Stronger than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel*, cap. 2.

blación de Europa pudo haberse duplicado, triplicado e incluso cuadriplicado, mientras que la porción de habitantes de las ciudades de esta población creció incluso más rápidamente.[6] A su vez, la urbanización proporcionó oportunidades económicas, permitió la concentración de la riqueza y estimuló el crecimiento de las escuelas y de la cultura intelectual.

En general se acepta que existe una estrecha relación entre la educación y la urbanización. La desaparición de las antiguas escuelas estuvo asociada con el declive de la antigua ciudad. Y el fortalecimiento educacional siguió rápidamente a la reurbanización de Europa en los siglos XI y XII. La escuela prototípica de la Edad Media inicial era una escuela monástica, rural, aislada del mundo secular y dedicada a reducidos objetivos educativos (incluso aunque esos objetivos a veces fueran restringidos por presiones externas). Con el desplazamiento de la población a las ciudades en los siglos XI y XII, escuelas urbanas de varios tipos, que hasta este momento habían sido participantes menores en la empresa educativa, salieron de la sombra de las escuelas monásticas y se convirtieron en la principal fuerza educativa. Este desarrollo fue apoyado por los movimientos de reforma dentro del monacato, que apuntaba a reducir la implicación monástica en el mundo y volver a subrayar la naturaleza espiritual de la vocación monástica. Entre las escuelas urbanas que alcanzaron mayor prominencia en esta época estaban las escuelas episcopales; también las escuelas dirigidas por el clero parroquial y una amplia variedad de escuelas públicas, tanto primarias como secundarias, no directamente relacionadas con las necesidades eclesiásticas, sino abiertas a todo aquel que pudiera costeárselas.[7]

Los objetivos educativos de las nuevas escuelas urbanas eran mucho más amplios que los de las escuelas monacales. El énfasis del programa docente variaba de una escuela a otra, según la visión y especialidad del maestro que la dirigía, pero en general las escuelas urbanas ampliaron y reorientaron el currículum para satisfacer necesidades prácticas de una variada y ambiciosa clientela, que iba a ocupar puestos directivos en la

6. Véase David Herlihy, «Demography», *Dictionary of the Middle Ages*, 4, págs. 136-148.

7. Sobre las escuelas medievales, véanse Nicholas Orme, *English Schools of the Middle Ages*; John J. Contreni, «Schools, Cathedral», *Dictionary of the Middle Ages*, 11, págs. 59-63; Contreni, *The Catedral School of Laon from 850 to 930*; Marenbon, *Early Medieval Philosophy*, cap. 10; John W. Baldwin, *The Scholastic Culture of the Middle Ages*, cap. 3; Richard W. Southern, «The Schools of Paris and the School of Chartres»; Southern, «From Schools to University»; y Paul F. Grendler, *Schooling in Renaissance Italy*, esp. cap. 1.

Iglesia y el Estado. Incluso las escuelas episcopales, que se parecían a las monásticas en que tenían propósitos exclusivamente religiosos, basaban su currículum en una concepción más amplia del espectro de estudios que contribuiría a los fines religiosos. Y si las ambiciones educativas de un maestro o de sus alumnos iban más allá de lo que podía soportar este marco, podían desligarse de la catedral y operar independientemente de su autoridad. De hecho, las «escuelas» podían ser migratorias, en lugar de geográficamente fijas, y seguir el itinerario de un maestro carismático cuya enseñanza, se diera donde se diera, mantenía juntos a los estudiantes.[8] El resultado de estas nuevas organizaciones fue una rápida ampliación del currículum: la lógica, las artes del cuadrivio, la teología, el derecho, la medicina empezaron a cultivarse en las escuelas urbanas hasta un punto inaudito para la tradición monástica. Las nuevas escuelas se multiplicaron en número y en tamaño. Cuando funcionaban bien, emanaban un aura de entusiasmo intelectual que atraía a los maestros y estudiantes más capaces a su órbita.

En Francia, en las regiones influidas por las reformas carolingias del siglo IX, algunas de las escuelas más poderosas estaban ligadas a (u operaban a la sombra de) las catedrales. Laon fue una líder precoz, con una escuela episcopal importante hacia el 850 y una gran reputación en teología hasta los siglos XI y XII. En el siglo X, Gerberto se sintió atraído como estudiante y maestro por la escuela episcopal de Reims. En el siglo XII, en Chartres, Orleans y París, surgieron escuelas que eran centros destacados en las artes liberales. La escuela más famosa del siglo XII es la de la catedral de Chartres, aunque, recientemente, el grado y duración de su preeminencia han sido cuestionados.[9] Ciertamente, en las cercanías de París, las escuelas florecieron al mismo tiempo, ofreciendo instrucción en un amplio abanico de materias, incluidas las artes liberales. Fuera de Francia, las escuelas pioneras fueron menos propensas a tener alguna conexión con las escuelas episcopales: a principios del siglo XII, Bolonia adquirió renombre por su instrucción avanzada en derecho (por parte de profesores particulares), y a finales de siglo, Oxford (que no tenía catedral) se ganó una reputación en los estudios de derecho, teología y artes liberales.

8. Véanse Southern, «The Schools of Paris and the School of Chartres», págs. 114-118; y Jean Leclercq, «The Renewal of Theology», págs. 72-73.

9. Véase Richard W. Southern, «Humanism and the School of Chartres»; la vehemente réplica de Nikolaus Häring, «Chartres and Paris Revisited»; y la respuesta de Southern en «The Schools of Paris and the School of Chartres».

FIG. 9.3. *Escena de una escuela de gramática. El maestro amenaza a sus pupilos con un palo.* París, Bibliotèque National, MS. Fr. 574, fol. 27r (siglo XIV).

Hay varias características de estas escuelas que son importantes para nuestros intereses. Primero, dan testimonio de un esfuerzo decidido por recuperar y dominar los clásicos latinos (o los clásicos griegos disponibles en antiguas traducciones latinas), sobrepasando todo lo visto en la Edad Media inicial. Bernardo de Chartres hablaba en nombre de su tiempo cuando representaba a su generación como enanos a espaldas de gigantes, capaces de ver más allá no en virtud de su inteligencia individual sino por el dominio de los clásicos. Entre los autores romanos favoritos estaban Virgilio, Ovidio, Lucano y Horacio. Cicerón y Séneca eran valorados como moralistas, y Cicerón y Quintiliano como modelos de elocuencia. Las obras lógicas de Aristóteles y los autores de comentarios (especialmente Boecio) eran atentamente estudiados y aplicados a toda clase de temas. Los estudios legales dependían de modo decisivo de la recuperación del *Digesto*, un sumario del pensamiento legal romano. Y Marciano Capella, Macrobio y Platón (a través de la traducción del *Timeo* de Calcidio y el comentario adjunto de éste) servían como fuentes principales para la

cosmología y la filosofía natural. Nada de esto pretende sugerir que los clásicos paganos desplazaran las fuentes cristianas que habían formado el núcleo de la educación monástica. Más bien, las fuentes recién recuperadas tenían su lugar junto a la Biblia y los escritos de los padres de la Iglesia. Se asumía que estos cuerpos de literatura eran mutuamente compatibles y que la recuperación de los clásicos antiguos era simplemente una cuestión de ampliación de las fuentes a partir de las que uno podía aprender legítimamente.[10]

Segundo, las escuelas urbanas, como más en general la sociedad europea, experimentaron un marcado giro «racionalista», es decir, un intento de aplicar el intelecto y la razón a muchas áreas de la actividad humana. Por ejemplo, hubo intentos de racionalizar las prácticas comerciales y la administración de la Iglesia y el Estado, mediante el archivo documental y el desarrollo de procedimientos de contabilidad y auditoría. Un historiador lo ha descrito como una «revolución administrativa».[11] La misma confianza en la capacidad intelectual humana invadió las escuelas, donde el método filosófico se aplicaba con creciente celo a todo el currículum, incluidos los estudios bíblicos y la teología.

La aplicación de la razón a la teología no era nueva. Como hemos visto, los apologistas cristianos más antiguos emprendieron una razonada defensa de la fe. Y los eruditos de la Edad Media inicial (inspirados por el ejemplo de Boecio) hicieron un continuo esfuerzo para aplicar la lógica aristotélica a complicados problemas teológicos. La diferencia en los siglos XI y XII estaba en los extremos a los que querían llegar los filósofos en la aplicación del método filosófico. Anselmo de Bec y Canterbury (1033-1109) es un excelente ejemplo.[12] Aunque perfectamente ortodoxo en sus creencias teológicas, Anselmo estaba dispuesto a extender los límites de la metodología teológica; a explorar lo que la razón por sí sola podía lograr en el terreno teológico; a indagar si ciertas doctrinas teológicas fundamentales eran verdaderas al ser juzgadas por criterios racionales

10. Charles Homer Haskins, *The Renaissance of the Twelfth Century*, caps. 4, 7.

11. Colin Morris, *The Discovery of the Individual, 1050-1200*, pág. 46. Sobre el giro racionalista de los siglos XI y XII, véase también el ambicioso libro de Alexandre Murray, *Reason and Society in the Middle Ages*.

12. Aunque su formación intelectual se dio, por lo menos en parte, dentro de la tradición monástica —cuando tenía casi treinta años estudió en el monasterio de Bec, en el norte de Francia—, Anselmo representa fielmente las corrientes intelectuales más poderosas de su tiempo y contribuyó mucho a conformar las tradiciones teológicas de las escuelas del siglo XII.

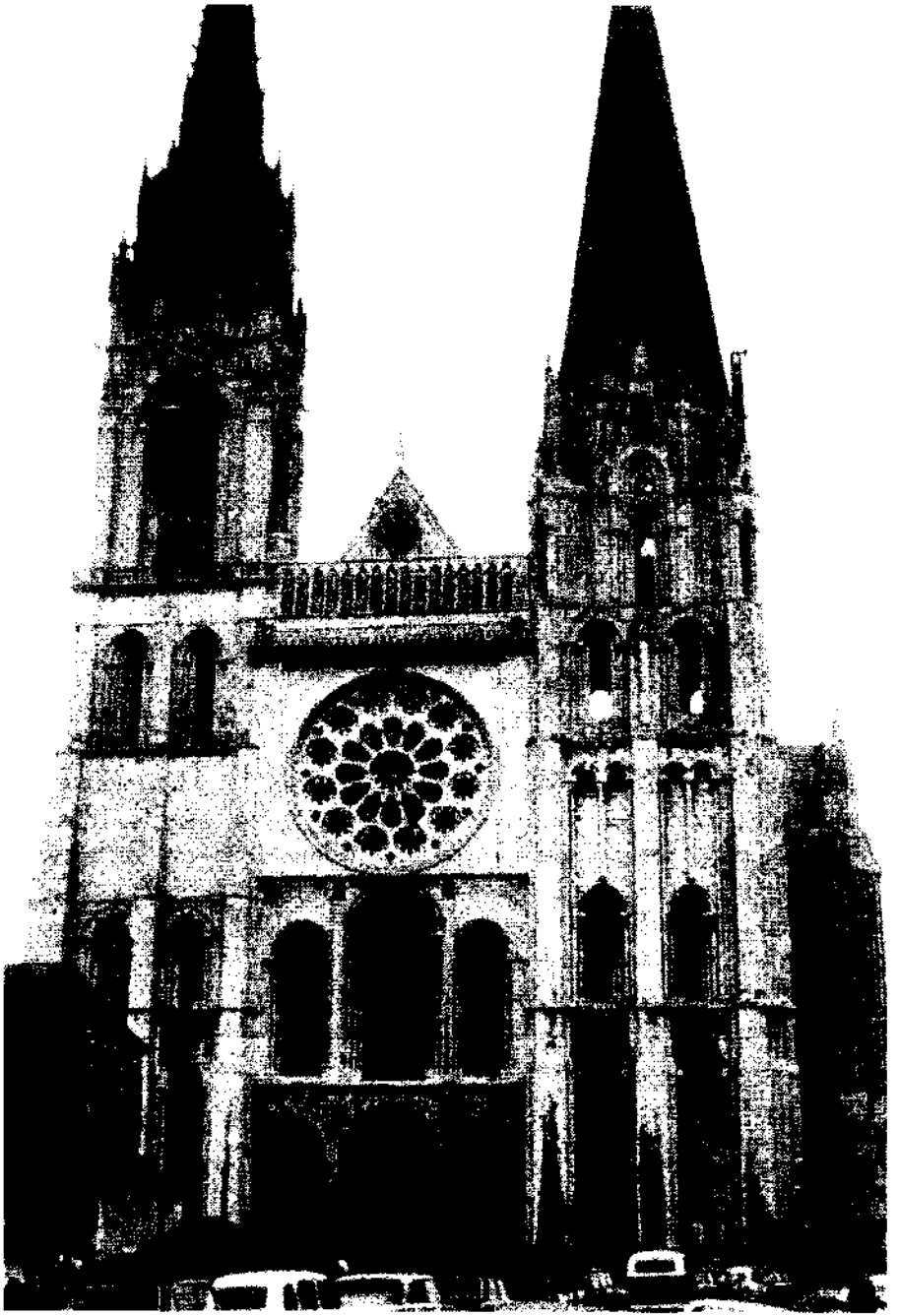


FIG. 9.4. *La fachada (siglo* XII*) oeste de la catedral de Chartres.*

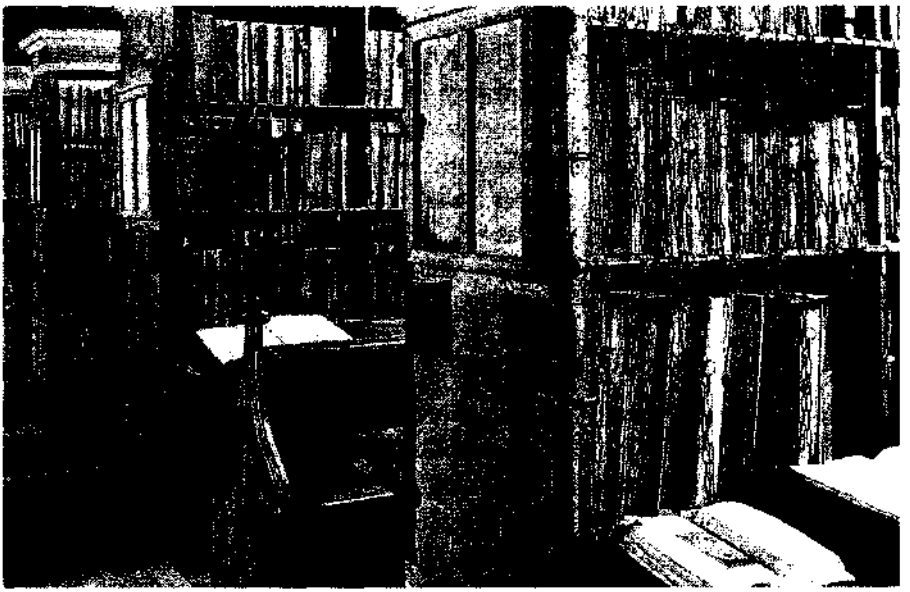


FIG. 9.5. *La biblioteca encadenada de la catedral de Hereford.*

y filosóficos. Su argumento teológico más conocido es una prueba de la existencia de Dios (conocida como la «prueba ontológica») en la que no se confía en la autoridad bíblica. El propósito de Anselmo era enteramente constructivo. Está claro que aplicaba el método filosófico a doctrinas sobre la existencia y atributos de Dios no porque él dudara de dichas doctrinas, sino para reforzarlas y hacerlas evidentes a los no creyentes. A primera vista, esto puede no parecer muy osado, pero de hecho los riesgos eran serios: si la razón puede probar las afirmaciones teológicas, presumiblemente puede también refutarlas. Esto no es un problema en la medida en que la razón llega a la respuesta «correcta»; ¿pero qué hacer si, habiéndonos comprometido con la razón como árbitro de la verdad, hallamos que la razón y la fe se oponen?[13]

Una generación después de Anselmo, Pedro Abelardo (ca. 1079-ca. 1142), un brillante, incansable y abrasivo estudiante y maestro en las escuelas del norte de Francia (incluidas París y Laon), extendió el programa racional iniciado por Anselmo. En varias obras defendió posiciones teoló-

13. Jasper Hopkins, *A Companion to the Study of St. Anselm*; esp. págs. 123-137; y Southern, *Medieval Humanism*, cap. 2. Sobre la distinción entre teología monacal y «escolástica» en el siglo XII, véase Jean Leclercq, «The Renewal of Theology».

gicas consideradas peligrosas por sus contemporáneos y fue condenado dos veces por las autoridades religiosas. El libro más conocido de Abelardo se titulaba *Sic et non* (traducible aproximadamente como *Sí y no* o *Pro y contra*). En esta antología para los estudiantes, juntaba opiniones opuestas de los padres de la Iglesia sobre una serie de cuestiones teológicas. Usaba las opiniones en conflicto para plantear problemas, que entonces debían convertirse en objeto de investigación filosófica. Desde su punto de vista, el camino hacia la creencia pasa por la duda. Es indiscutible que Abelardo se proponía razonar sobre, y en apoyo de, la fe. En una ocasión escribió que no «quería ser filósofo si eso significaba rebelarse contra [el apóstol] Pablo, ni un Aristóteles si esto significaba apartar[le] de Cristo».[14] Tampoco hay duda de que era considerado como un peligroso campeón del método filosófico por aquellos que tenían una perspectiva más conservadora, tales como el reformador monástico Bernardo de Claraval, que tronó contra él. El hecho de que Abelardo atrajera un séquito de estudiantes entusiastas debió confirmar los peores temores de Bernardo.

En la obra de Anselmo y Abelardo y sus contemporáneos de la misma tendencia, podemos ver los elementos de una confrontación entre la fe y la razón. Anselmo y Abelardo planteaban de un modo apremiante cuestiones como: ¿En el terreno teológico, cómo «sabe» uno? ¿Son los métodos racionales empleados en otros temas escolares (lógica, filosofía natural y derecho) aplicables también a la teología, o la teología se somete a algún otro maestro? ¿Cómo han de resolverse los conflictos entre la razón (filosofía griega) y la revelación (las verdades reveladas en la Biblia)? La preocupación por cuestiones como éstas pusieron en peligro la revitalización intelectual y establecieron una agenda para los filósofos y teólogos de los siglos XIII y XIV. La traducción sistemática de la literatura filosófica y científica griega e islámica, que estaba a punto de empezar, sólo intensificaría el problema. Volveremos a este tema más adelante (capítulo 10).

La filosofía natural en las escuelas del siglo XII

La filosofía natural no gozó de protagonismo en las escuelas del siglo XII, pero se benefició del fermento intelectual general. La determinación

14. *Epistolae* de Abelardo, nº 17, en *Patrologia latina*, J.-P. Migne (comp.), vol. 178 (París, J.-P. Migne, 1855), col. 375. Para una breve exposición de la vida y pensamiento de Abelardo, véase David E. Luscombe, *Peter Abelard*; Luscombe, «Peter Abelard».

FIG. 9.6. *Hugo de San Víctor enseñando en París*. Oxford, Bodleian Library, MS Laud. Misc. 409, fol. 3v (finales del siglo XII).

entre los eruditos de conocer a fondo a los clásicos latinos se extendió a los clásicos de la filosofía natural, el *Timeo* de Platón con el comentario de Calcidio, *Las nupcias entre Filología y Mercurio* de Marciano Capella, el *Sueño de Escipión* de Macrobio, las *Cuestiones naturales* de Séneca, *Sobre la naturaleza de los dioses* de Cicerón y las obras de Agustín, Boecio y Juan Escoto Erigena. La mayoría de estos textos tenían una inclinación platónica y los eruditos que los leían y analizaban estaban claramente próximos a la concepción platónica del cosmos. El *Timeo* de Platón, fuente de la mayoría de los análisis más coherentes de los problemas cosmológicos y físicos entonces disponible, y además depositario de las propias palabras de Platón, se convirtió en el texto central. A su vez, esta centralidad dio al *Timeo* el poder de configurar la agenda y el contenido de la filosofía natural del siglo XII. Esto no significa que el platonismo del siglo XII no tuviera ningún rival en absoluto. Ciertas ideas estoicas consiguieron abrirse paso en este ambiente platónico. Hacia finales de siglo, las obras físicas y metafísicas de Aristóteles empezaron a hacer sentir su presencia. Y en el siglo XIII la filosofía platónica se retiraría ante la em-

bestida aristotélica. Pero por el momento la filosofía platónica mantuvo la posición de liderazgo.[15]

Pero Platón era un guía versátil, y el dominio platónico podía significar muchas cosas distintas. El *Timeo* es primero y sobre todo una explicación de la formación del cosmos por parte del divino artesano. La tarea obvia y más apremiante, por tanto, era reconciliar la cosmología platónica (o el aspecto de la cosmología que trata de los orígenes, conocido como «cosmogonía») con el relato de la creación del libro del Génesis, tal como lo habían explicado durante siglos los padres de la Iglesia. Planteándolo de un modo ligeramente diferente, la tarea consistía en aplicar toda la cosmología y física que pudiera aprenderse de Platón y de otros antiguos a la elucidación del relato del Génesis sobre la creación. Nótese que todavía se esperaba que la ciencia funcionara como sierva.

En el siglo XII, varios estudiosos destacados se dedicaron a este proyecto. Uno de ellos fue Thierry de Chartres († después de 1156), un maestro de Chartres y (quizá) de París de fama internacional. Thierry escribió un comentario sobre los seis días de la creación, en el que se las arreglaba para leer en el texto bíblico el contenido de la cosmología platónica (junto con partes de la filosofía natural aristotélica y la estoica). Una de las necesidades más importantes era explicar la secuencia específica de la actividad creadora de Dios tal como se describe en el *Génesis*. Según Thierry, los cuatro elementos eran creados por Dios en el primer instante del tiempo. Todo lo que seguía era un despliegue natural del orden inherente a este acto creativo inicial. Una vez creado, el fuego inmediatamente empezó a rotar (debido a su ligereza, que impide el reposo), a la vez que iluminaba el aire, dando cuenta así del día y de la noche (el primer día de la creación). Durante la segunda rotación del cielo ardiente, el fuego calentó las aguas inferiores, provocando que subieran en forma de vapores hasta quedar suspendidas en el aire, formando lo que el texto bíblico refiere como «aguas por encima del firmamento» (segundo día). La

15. Sobre el platonismo del siglo XII, véanse M.-D. Chenu, *Nature, Man and Society in the Twelfth Century*, cap. 2; y Tullio Gregory, «The Platonic Inheritance». Sobre otros aspectos específicos de la filosofía del siglo XII, véanse las referencias más adelante. Sobre la filosofía natural en general, véanse el capítulo 1 de Chenu y los ensayos de Dronke, *History of the Twefth-Century Western Philosophy*, esp. cap. 1; Winthrop Wetherbee, «Philosophy, Cosmology, and the Twelfth Century Renaissance», págs. 21-53. Más antiguos, pero todavía útiles, son Charles Homer Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*; y Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Sciences*, vol. 2, caps. 35-50.

reducción en la cantidad de las aguas inferiores, debido a la vaporización, fue la causa de que emergiera tierra seca desde los mares (tercer día). Un mayor calentamiento de las aguas sobre el firmamento llevó a la formación de los cuerpos celestes, compuestos de agua (cuarto día). Finalmente el calentamiento de la tierra y las aguas inferiores produjo la vida de las plantas, animales y humanos (quinto y sexto días).[16]

Esto es un resumen breve e incompleto del comentario de Thierry, pero es suficiente para poner de manifiesto la naturaleza del programa filosófico en el que él y varios contemporáneos estaban embarcados, bajo la inspiración platónica. La cosmología de Thierry puede no resultar sofisticada para los estándares modernos. Pero lo importante es que, siguiendo la estela de Platón, restringe la intervención divina directa al momento inicial de la creación. Lo que sucede después es el resultado de la causalidad natural, en la medida en que los elementos se mueven e interactúan de la manera que les es propia, y que las semillas (las «causas seminales» de la filosofía estoica, tomadas a través de Agustín) implantadas en las cosas creadas sufren un proceso natural de desarrollo. Incluso la aparición de Adán y Eva, y de los humanos posteriores, no exige la intervención milagrosa.

Este naturalismo es una de las características más sobresalientes de la filosofía natural del siglo XII. Puede hallarse en los comentarios sobre los días de la creación (quizás el mejor lugar para que el filósofo natural despliegue sus inclinaciones naturalistas), pero también en tratados más generales sobre filosofía natural de eruditos como Guillermo de Conches, Adelardo de Bath, Honorio de Autun, Bernardo Silvestre y Clarembald de Arras (la mayoría de los cuales estaban conectados con las escuelas del norte de Francia). Naturalmente, en cuestiones de cosmología y física, estos hombres difieren sobre cuestiones de detalle, pero comparten una nueva concepción de la naturaleza como una entidad autónoma, racional, que procede sin interferencia según sus propios principios. Había una creciente conciencia del orden natural o la ley natural, y la determinación de averiguar hasta qué punto los principios naturales de causalidad iban a proporcionar una explicación satisfactoria del mundo.[17]

16. Nikolaus M. Häring, «The Creation and Creator of the World according to Thierry of Chartres and Clarenbaldus of Arras»; Peter Dronke, «Thierry of Chartres»; J. M. Parent, *La doctrine de la création dans l'école de Chartres.*

17. Sobre la idea de naturaleza, véase Tullio Gregory, «La nouvelle idée de nature et de savoir scientifique au XII siècle»; y algunos ensayos contenidos en *La filosofia della natura nel medioevo.*

FIG. 9.7. *Dios como arquitecto del universo.* Viena, Österreichische Nationalbibliothek, MS 2554, fol. Iv (siglo XIII).

Un abogado declarado del nuevo naturalismo era Guillermo de Conches († después de 1154) que estudió y enseñó en Chartres o París o en ambos lugares, antes de unirse a la familia de Geoffrey Plantagenet, donde fue tutor del futuro rey Enrique II de Inglaterra. Guillermo desarrolló una elaborada cosmología y una física basadas en los principios platónicos (con importantes añadidos de algunas fuentes recién traducidas). En su *Filosofía del mundo*, Guillermo fustigó a aquellos que apelan enseguida a la causalidad divina:

> Puesto que ellos mismos ignoran las fuerzas de la naturaleza y desean tener a todos los hombres como compañeros de su ignorancia, están poco dispuestos a que alguien las investigue, en cambio prefieren que creamos como los campesinos y no ahondemos en las causas [naturales] [de las cosas]. Sin embargo, nosotros decimos que la causa de todas las cosas debe investigarse. [...] Pero esta gente, [...] si sabe de alguien que investigue así, le proclama hereje.

El propósito de Guillermo, como deja claro en otros lugares, no era negar la mediación divina, sino afirmar que Dios usualmente obra por medio de poderes naturales y que la tarea del filósofo es llevar estos poderes hasta su límite explicativo. Adelardo de Bath (fl. 1116-1142) insistió sobre lo mismo más o menos al mismo tiempo, urgiendo a que sólo cuando las explicaciones naturales «fallan totalmente debería recurrirse a Dios». Y un poco después, Andrés de San Víctor, discutiendo la interpretación de los sucesos bíblicos, advertía que «al explicar la Escritura, cuando el acontecimiento descrito no admite ninguna explicación natural, entonces y sólo entonces hemos de recurrir a los milagros».[18]

Esto puede parecer una posición sensata, pero también era peligrosa. ¿Cómo podía un fuerte compromiso con la investigación de las causas na-

18. Sobre Guillermo de Conches, véanse Tullio Gregory, *Anima mundi: la filosofia di Guglielmo di Conches e la scuola de Chartres*; Dorothy Elford, «William of Conches»; y Thorndike, *History of Magic*, vol. 2, cap. 37. Sobre Adelardo de Bath, véase Charles Burnett (comp.), *Adelard of Bath*. Para los pasajes citados, veánse Guillermo de Conches, *Philosophia mundi*, Gregor Maurach (comp.), Pretoria, University of South Africa, 1974, I, 22, págs. 32-33 (un texto ligeramente diferente y mejor que el de la *Patrologia latina* de Migne); Adelardo de Bath, *Quaestiones naturales*, M. Müller (comp.), (*Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters*, vol. 31, pt. 2), Münster, Aschendorff, 1934, pág. 8, citado por William J. Courtenay, «Nature and the Natural in Twelfth Century Thought», pág. 10; y Beryl Smalley, *The Study of the Bible in the Middle Ages*, pág. 144. Chenu (*Nature, Man and Society*) y Courtenay ofrecen útiles resúmenes y análisis del problema.

turales (la posición de los filósofos naturales del siglo XII) evitar deslizarse a una completa negación de lo milagroso (un resultado totalmente inaceptable para el estudioso cristiano)? ¿Serían capaces los estudiosos de mantener el delicado equilibrio entre la creencia y la incredulidad exigida por esta posición? Guillermo de Conches afrontó el problema directamente, señalando la diferencia entre aceptar que entra dentro del poder de Dios llevar a cabo algún acto y sostener que Dios realmente lo ha llevado a cabo. Sin duda Dios no hace todo aquello de lo que es capaz. Añadía que su posición filosófica (y la de sus colegas «naturalistas») no desvirtuaba el poder y la majestad divinos, puesto que todo lo que sucede es en última instancia de origen divino: «No quito ningún mérito a Dios; todas las cosas que hay en el mundo fueron hechas por Dios, excepto el mal; pero hizo otras cosas a través de la operación de la naturaleza, que es el instrumento de la operación divina». De hecho, el estudio del mundo físico nos hace capaces de apreciar «el poder, la sabiduría y la bondad divinos».[19] Investigar las causas secundarias no es una negación, sino una afirmación, de la existencia de la majestad de la primera causa.

Algunas otras maniobras filosóficas podían ayudar a aligerar la tensión. Era posible reconciliar la realidad de los milagros con la estabilidad de la naturaleza y reconocer que los milagros representan genuinas suspensiones de las leyes normales de la naturaleza, mientras se mantuviera que estas suspensiones ya estaban planeadas por Dios desde la primera creación e incorporadas a la máquina cósmica, de modo que resultaban perfectamente naturales en un sentido lato. Además, se puede hablar sobre la estabilidad del orden natural sin infringir la omnipotencia y la libertad divinas argumentando a) que Dios tenía una libertad ilimitada para crear cualquier clase de mundo que deseara, pero b) que de hecho eligió hacer este mundo y, habiendo completado su actividad creadora, no iba a manosear el producto. Esta última distinción llegaría a ser crucial para desarrollar el pensamiento sobre el tema en los siglos XIII y XIV.[20]

Algunos lectores modernos estarán tentados de considerar todo esto como una inaceptable intrusión de la teología en el terreno científico. Sin embargo, si deseamos entender el siglo XII, es importante que nos demos

19. Los pasajes citados están tomados de Tullio Gregory, «The Platonic Inheritance», págs. 65, 57. Véanse observaciones similares por parte de Adelardo de Bath, *Quaestiones naturales*, 4, pág. 8; citado por Courtenay, «Nature and the Natural», pág. 10.

20. William Courtenay, «Nature and the Natural in Twelfth Century Thought» y «The Dialectic of Divine Omnipotence», ambos en Courtenay, *Covenant and Causality in Medieval Thought*, caps. 3-4.

cuenta de que los espectadores de aquel siglo pudieron ver estos desarrollos bajo una luz totalmente opuesta, como una intrusión posiblemente peligrosa de la filosofía en el terreno teológico. Lo que era nuevo y amenazador no era la presencia teológica en recintos filosóficos, donde siempre se había sentido a sus anchas, sino el ejercicio del músculo filosófico en un territorio en el que la teología reinaba desde antiguo sin oposición. A los críticos naturalistas del siglo XII les parecía que la filosofía podía estar lista para abandonar su estatus de sierva.

Resumamos brevemente algunos otros aspectos de la filosofía natural del siglo XII. El *Timeo* y las fuentes secundarias no sólo promovían la idea de un orden natural fijo, también consideraban a los humanos parte de este orden, gobernados por las mismas leyes y principios, de modo que se entendía que una exploración de la naturaleza humana era un continuo con la exploración del universo en general. Frecuentemente la cuestión se planteaba más enérgicamente, mediante la analogía macrocosmos-microcosmos: los humanos no sólo pertenecen al cosmos sino que son realmente miniaturas de éste. Se sigue que el cosmos y la persona individual están ligadas por similitudes estructurales y funcionales, que les atan en una unidad indisoluble. Por ejemplo, del mismo modo que el cosmos se compone de los cuatro elementos, animado por el alma del mundo (cuya naturaleza exacta originó un considerable debate en el siglo XII), el humano es un compuesto de cuerpo (los cuatro elementos) y alma.

Habiendo hecho de la humanidad parte del orden natural, los estudiosos del siglo XII se interesaron cada vez más en el «hombre natural» y sus capacidades, es decir, los humanos tal como son independientemente de la gracia divina. (De ahí que los historiadores algunas veces escriben sobre el «humanismo» del siglo XII.) En esta conexión había una fuerte tendencia a afirmar el valor de la razón humana. Como una parte del orden natural, y por tanto en simpatía con sus ritmos y armonías, la razón se consideraba como un instrumento particularmente adecuado para la exploración del cosmos.[21]

La ciencia de la astrología estaba estrechamente asociada con la analogía macrocosmos-microcosmos. La astrología había caído en descrédito durante la Edad Media inicial, debido a la oposición de los Padres de

21. Sobre el humanismo, véase Morris, *Discovery of the Individual*; Southern, *Medieval Humanism*, cap. 4. Para una reserva significativa, véase Caroline Walker Bynum, «Did the Twelfth Century Discover the Individual?».

la Iglesia. Agustín la atacó como una forma de idolatría (puesto que tradicionalmente se había asociado al culto de las deidades planetarias) y por su tendencia al fatalismo y a la negación del libre albedrío. Pero bajo la influencia del platonismo del siglo XII, así como por influjo de la literatura árabe sobre astronomía y astrología, a la astrología le fue devuelta al menos una cuasi-respetabilidad. En el *Timeo*, se atribuye al Demiurgo la formación de los planetas o dioses celestes, pero después delega a éstos la responsabilidad de producir las siguientes formas de vida en las regiones inferiores. Este sugestivo relato, emparejado con la idea de unidad cósmica, la analogía macrocosmos-microcosmos, y ciertas correlaciones harto conocidas entre los fenómenos celestes y terrestres (las estaciones y las mareas), todo ello reforzado por las obras astrológicas recientemente traducidas, llevó al resurgimiento del interés y de la creencia en la astrología. Éste no es lugar para entrar en el análisis detallado de la teoría o práctica (tratada en el capítulo 11) astrológica. Lo importante para nuestros propósitos es hacer notar que la astrología del siglo XII no tiene nada que ver con lo sobrenatural. Muy al contrario, floreció entre los *naturalistas* de este siglo precisamente debido a que vinculaba la explicación de las fuerzas *naturales* que ligan el cielo y la Tierra.[22]

Finalmente, ¿influyeron las tendencias matemáticas de la filosofía platónica en el pensamiento del siglo XII, como podríamos esperar? Sí, pero de una forma que puede sorprender a los lectores modernos. En la primera mitad del siglo XII, las matemáticas se empleaban no para cuantificar las leyes naturales o para proporcionar una representación geométrica de fenómenos naturales, sino para responder a preguntas que nosotros consideraríamos metafísicas o teológicas. Se trata de un tema demasiado abstruso, en el que no podemos adentrarnos, pero un ejemplo puede ayudar a señalar el camino. Siguiendo a Boecio, los estudiosos del siglo XII consideraron la teoría de los números (específicamente, las relaciones del número 1 con los demás números) como un vehículo para la comprensión de la relación entre la unidad divina y la multiplicidad de las cosas creadas. Thierry de Chartres se refería al último punto cuando escribía que «la creación del número es la creación de las cosas». En el siglo XII, las matemáticas también servían como un modelo del método axiomático de demostración. Una concepción más amplia de los usos

22. El mejor bosquejo de la historia de la astrología medieval se halla en Olaf Pedersen, «Astrology», *Dictionary of the Middle Ages*, 1, págs. 604-610. Para un ulterior análisis y bibliografía adicional, véanse las notas finales del capítulo 11.

científicos de las matemáticas habría de esperar la traducción y asimilación de la ciencia matemática griega y arábiga más avanzado el siglo.[23]

El auge de la traducción

La revitalización del saber empezó como un intento de aprender a fondo y explotar las fuentes latinas tradicionales. Sin embargo, antes de finales del siglo XII, se había transformado por la inyección de libros que contenían nuevas ideas, recientemente traducidos de originales griegos y árabes. Este nuevo material, primero un goteo y finalmente una oleada, alteró radicalmente la vida intelectual de Occidente. Hasta entonces, Europa occidental había luchado por reducir sus pérdidas intelectuales. A partir de este momento afrontaría el problema totalmente diferente de asimilar el torrente de nuevas ideas.[24]

La separación entre Oriente y Occidente nunca había sido total, desde luego. Siempre hubo viajeros y comerciantes, y cerca de las fronteras las personas bilingües (o multilingües) serían numerosas. También había contactos diplomáticos entre las cortes bizantina, musulmana y latina: un caso temprano y significativo sería el intercambio de embajadores (ambos eruditos) entre las cortes de Otto el Grande en Fráncfort y 'Abd al-Rahmān en Córdoba, que se produjo hacia el 950. Otro tipo de contacto queda ilustrado por el peregrinaje de Gerberto al norte de España, en los años 960, para estudiar la ciencia matemática árabe. Puede parecer que tales acontecimientos, considerados individualmente, son poco significativos. Pero, al sumarse, fueron creando gradualmente en las mentes occidentales una imagen del Islam (y en menor medida) de Bizancio, como depositarios de grandes riquezas intelectuales. Para los eruditos occiden-

23. Sobre las matemáticas en el siglo XII, véanse Charles Burnett, «Scientific Speculations»; Gillian R. Evans. *Old Arts and New Theology*, págs. 119-136; Evans, «The Influence of Quadrivium Studies in the Eleventh- and Twelfth-Century Schools»; y Guy Beaujouan, «The Transformation of the Quadrivium». Para el pasaje citado, véase Häring, «The Creation and Creator of the World according to Thierry of Chartres», pág. 196.

24. Para una discusión general sobre las traducciones, véanse David C. Lindberg, «The Transmission of Greek and Arabic Learning to the West»; Marie-Thérèse d'Alverny, «Translations and Translators»; Millas-Vallicrosa, «Translations of Oriental Scientific Works»; Charles S. F. Burnett, «Translations and Translators, Western European», *Dictionary of the Middle Ages*, 12, págs. 136-142; Jean Jolivet, «The Arabic Inheritance»; y Haskins, *Studies in the History of Medieval Science*, *passim*.

tales que querían ampliar el cuerpo del conocimiento en el cristianismo latino se hizo claro que no podían hacer nada mejor que entrar en contacto con estas culturas intelectualmente superiores. Las primeras traducciones del árabe —varios tratados sobre matemáticas y sobre el astrolabio— se hicieron a finales del siglo x en España. Un siglo después, un norteafricano que se hizo monje benedictino, llamado Constantino (fl. 1064-1085) se trasladó al monasterio de Monte Cassino, en el sur de Italia. Allí empezó a traducir tratados médicos del árabe al latín, incluidas algunas obras de Galeno e Hipócrates en las que Occidente se apoyaría durante varios siglos.[25]

Estas primeras traducciones abrieron el apetito europeo. Empezando en la primera mitad del siglo xii, la traducción se convirtió en la labor de investigación más importante, con España como foco geográfico. (El contacto con el Medio Oriente como resultado de las cruzadas tuvo un impacto mínimo en las traducciones.) España tenía la ventaja de poseer una brillante cultura árabe, una amplia provisión de libros árabes y comunidades de cristianos (conocidos como mozárabes) a las que, bajo el gobierno musulmán, se les había permitido practicar su religión y que ahora podían ayudar a mediar entre las dos culturas. Como resultado de la reconquista cristiana de España, los centros de cultura arábiga y las bibliotecas de libros árabes cayeron en manos cristianas. Toledo, el centro más importante, cayó en 1085, y en el curso del siglo xii las riquezas de su biblioteca empezaron a ser seriamente explotadas, gracias en parte al generoso mecenazgo de los obispos locales.

Algunos de los traductores eran nativos españoles, que dominaban el árabe desde niños. Uno de ellos fue Juan de Sevilla (fl. 1133-1142), probablemente mozárabe, que tradujo un buen número de obras astrológicas; otro fue Hugo de Santalla (fl. 1145), de uno de los reinos cristianos del norte de España, que tradujo textos sobre astrología y adivinación; otro, de los más capaces, fue Marco de Toledo (fl. 1191-1216), que tradujo varios textos galénicos. Pero otros eran extranjeros: Robert de Chester (fl. 1141-1150) venía de Gales; Hermann el Dálmata (fl. 1138-1143) era eslavo; y Platón de Tívoli (fl. 1132-1146) era italiano. Estos hombres llegaron a España, presumiblemente sin conocimiento previo del árabe. Una vez allí, encontraban un maestro, aprendían árabe y empezaban a traducir. Ocasionalmente unían sus fuerzas con un nativo bilingüe (acaso

25. Michael McVaugh, «Constantine the African», *Dictionary of Scientific Biography*, 3, págs. 393-395.

un mozárabe o un judío que sabía árabe y la lengua vernácula) y procedían a traducir cooperativamente.

El más importante traductor del árabe al latín fue indudablemente Gerardo de Cremona (ca. 1114-1187).[26] Procedente del norte de Italia, llegó a España a finales de la década de 1130 o principios de la de 1140 en busca del *Almagesto* de Ptolomeo, que había sido incapaz de encontrar en ninguna otra parte. Encontró una copia en Toledo, se quedó para aprender árabe y después lo tradujo al latín. Pero también encontró textos sobre toda clase de temas, y durante los siguientes treinta o cuarenta años (quizá con la ayuda de un grupo de ayudantes)[27] hizo traducciones de muchos de ellos. Su producción es absolutamente asombrosa: al menos una docena de textos astronómicos, incluido el *Almagesto*; diecisiete obras sobre matemáticas y óptica, como los *Elementos* de Euclides y el *Álgebra* de al-Jwārizmī; catorce obras sobre lógica y filosofía natural, entre las que se hallan la *Física*, *Acerca del cielo*, los *Meteorológicos* y *Sobre la generación y la corrupción* de Aristóteles; y veinticuatro obras médicas, incluidos el gran *Canon de medicina* de Avicena y nueve tratados galénicos. El total llega a setenta u ochenta libros, todos cuidadosa y literalmente traducidos por un hombre que poseyó un buen dominio de los idiomas así como de los temas.

La traducción desde el griego nunca había cesado totalmente. Recordemos a Boecio en el siglo VI y a Erigena en el IX. Pero la traducción del griego se reanudó y aceleró espectacularmente en el siglo XII. Italia era la principal zona, especialmente en el sur (incluida Sicilia), donde siempre había habido comunidades grecoparlantes y bibliotecas que contenían libros griegos. Italia también se benefició del continuo contacto con el Imperio bizantino. Uno de los primeros traductores importantes fue Jacobo de Venecia (fl. 1136-1148), un erudito en derecho que mantenía contacto con filósofos bizantinos y tradujo una colección de obras de Aristóteles. Hacia la mitad del siglo, apareció una serie de importantes obras de matemáticas y ciencia matemática en traducciones grecolatinas: el *Almagesto* de Ptolomeo (no puede determinarse si antes o después de la traducción desde el árabe de Gerardo de Cremona) y los *Elementos*, la *Óptica* y la *Catóptrica* de Euclides.

26. Richard Lemay, «Gerard of Cremona», *Dictionary of Scientific Biography*, 15, págs. 173-192. Para una lista de las traducciones de Gerardo, véase el documento traducido por Michael McVaugh, en Edward Grant (comp.), *A source Book in Medieval Science*, págs. 35-38.

27. Para ver dos opiniones diferentes, véanse Lemay, «Gerard of Cremona», págs. 174-175; y D'Alverny, «Translations and Translators», págs. 453-454.

La traducción grecolatina continuó en el siglo XIII, sobre todo por obra de Guillermo de Moerbeke (fl. 1260-1286). Moerbeke se propuso ofrecer al cristianismo latino una versión completa y fiable del corpus aristotélico, revisando las traducciones existentes cuando pudo, y haciendo nuevas traducciones del griego cuando era necesario. Moerbeke también tradujo a algunos de los comentadores más importantes de Aristóteles, a varios autores neoplatónicos y algunas obras matemáticas de Arquímedes.[28]

Finalmente, una palabra sobre la motivación que había tras las traducciones y sobre la selección de los materiales a traducir. Está claro que el objetivo era la utilidad, definida en sentido amplio. La medicina y la astronomía abrieron el camino en los siglos X y XI. Parece que, a principios del XII, el énfasis se puso en las obras astrológicas, junto con los tratados matemáticos necesarios para la práctica eficaz de la astronomía y la astrología. La medicina y la astrología se apoyan sobre bases filosóficas. Y, a partir de la segunda mitad del siglo XII y continuando a lo largo del XIII, la atención se centró en las obras físicas y metafísicas de Aristóteles y sus comentaristas (incluidos los musulmanes Avicena y Averroes), al menos parcialmente, para recuperar y fijar estos fundamentos. Desde luego, una vez que empezó a conocerse el enorme alcance de las obras de Aristóteles, resultó claro que este sistema filosófico podía aplicarse a un enorme espectro de temas de investigación tratados en las escuelas.[29]

A finales del siglo XII, el cristianismo latino había recuperado partes importantes del logro científico y filosófico griego y árabe. A lo largo del siglo XIII, se llenaron muchos de los vacíos que quedaban. Estos libros se difundieron rápidamente a los grandes centros docentes, donde contribuyeron a la revolución educativa. En el siguiente capítulo examinaremos alguna de las luchas provocadas por los materiales recién traducidos.

La aparición de las universidades

En el año 1000, la escuela urbana típica era pequeña. Se componía de un maestro o profesor y quizá de diez o veinte pupilos. En 1200 las es-

28. Lorenzo Minio-Paluello, «Moerbeke, William of», *Dictionary of Scientific Biography*, 9, págs. 434-440.

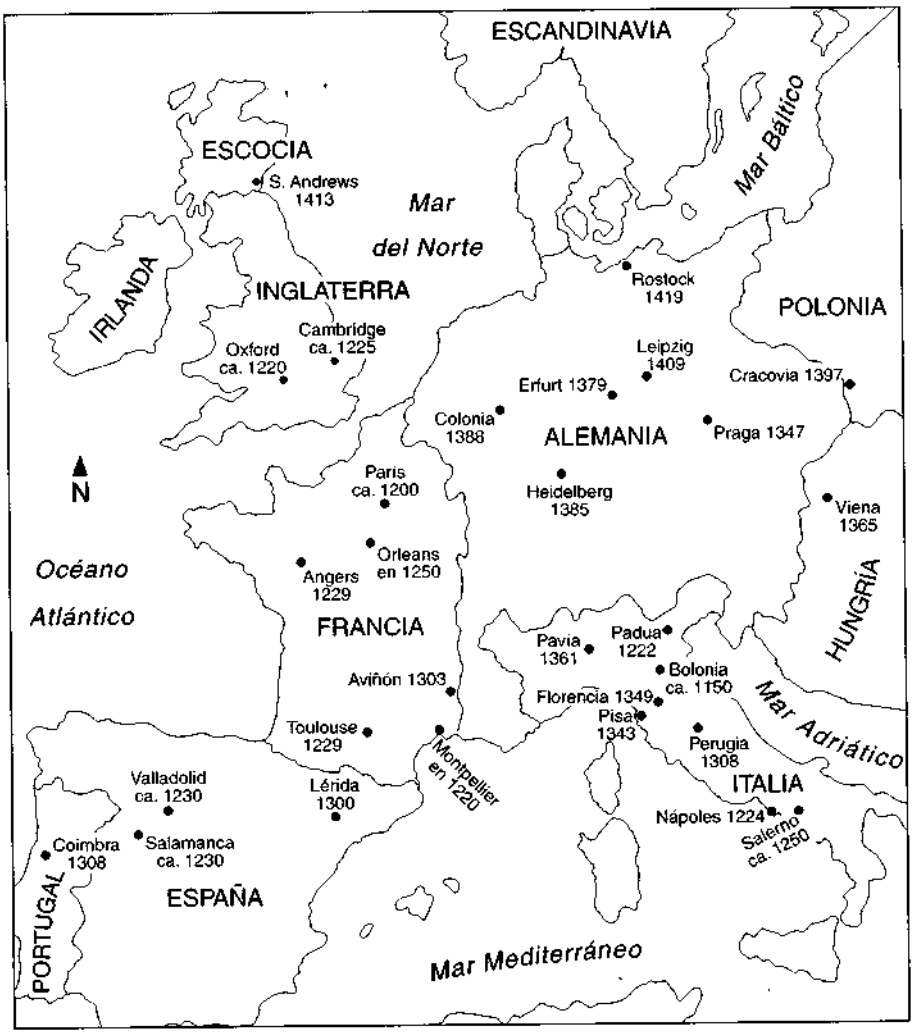
29. Sobre la importancia de la astrología en el resurgimiento de Aristóteles, véase Richard Lemay, *Abu Ma'shar and Latin Aristotelianism in the Twelfth Century*.

cuelas habían crecido espectacularmente en número y en tamaño. Casi no tenemos datos cuantitativos, pero en los centros educativos punteros como París, Bolonia y Oxford es indudable que los estudiantes se contaban por cientos. El hecho de que, entre 1190 y 1209, en Oxford enseñaran más de setenta profesores puede dar cierta idea del crecimiento de la población escolar.[30] Estaba en marcha una revolución educativa, impulsada por la opulencia europea, las grandes oportunidades profesionales para las personas cultas y el entusiasmo intelectual provocado por profesores como Pedro Abelardo. Debido a esta revolución emergió una nueva institución, la universidad europea, que desempeñó un papel vital en la promoción de las ciencias naturales. Examinemos brevemente el proceso.

La ausencia de base documental no nos permite tratar en detalle los pasos que dieron nacimiento a las universidades. Pero lo que está claro es que la gran expansión de oportunidades educativas en el nivel elemental (donde la enseñanza ofrecía gramática latina, canto y aritmética básica) llevó a los intelectuales ambiciosos a demandar estudios superiores. Ciertas ciudades, como Bolonia, París y Oxford, se ganaron una buena reputación en estudios avanzados de artes liberales, medicina, teología o derecho, y estudiantes y maestros se sintieron atraídos en gran número hacia ellas. Una vez allí, un maestro se establecía bajo los auspicios de una escuela existente o como maestro independiente, por cuenta propia, anunciándose a los estudiantes y enseñándoles individualmente o en grupos por unos honorarios (más o menos como un maestro moderno de música o de danza). La enseñanza generalmente tenía lugar en dependencias proporcionadas por el maestro.

Al crecer en número surgió la necesidad de organización: garantizar los derechos, privilegios y protección legal (puesto que muchos maestros y estudiantes eran extranjeros, sin los derechos de la ciudadanía local), conseguir el control de la iniciativa educativa y en general promover su mutuo bienestar. Afortunadamente, ya se tenía a mano un modelo de organización en la estructura gremial que se estaba desarrollando al mismo tiempo en varios sectores comerciales y oficios. Por tanto era natural que los maestros y estudiantes se organizaran a sí mismos de modo similar a las asociaciones voluntarias o gremios. Un gremio de este tipo se llamaba «universidad» [*universitas*], un término que originalmente no tenía connotaciones eruditas o educativas sino que simplemente denotaba una asociación de personas que perseguían un fin común. Así pues, es importan-

30. M. B. Hackeh, «The University as a Corporate Body», pág. 37.



MAPA 6. *Universidades medievales.*

te destacar que una universidad no era un trozo de tierra o un conjunto de edificios o incluso unos estatutos, sino una asociación o corporación de profesores (llamados «maestros») o estudiantes. El hecho de que una universidad no poseyera una hacienda propia (donde empezar) la hacía extremadamente móvil, y así las primeras universidades eran capaces de usar la amenaza de recoger los trastos e irse a otra ciudad como medio de asegurarse concesiones de las autoridades municipales.

Es imposible asignar una fecha precisa a la fundación de cualquiera de las primeras universidades, por la sencilla razón de que no fueron fundadas, sino que surgieron gradualmente a partir de escuelas preexistentes; sus estatutos vinieron después. Sin embargo, se suele considerar que los maestros de Bolonia consiguieron el estatus de universidad en 1150, los de París hacia 1200 y los de Oxford en 1220. Las universidades posteriores normalmente tomaron como modelo una u otra de estas tres.[31]

Entre los objetivos de estas corporaciones estaba el autogobierno y el monopolio, lo que significaba controlar la enseñanza. Gradualmente las universidades se aseguraron distintos grados de libertad respecto a las interferencias externas, consiguiendo así el derecho de establecer estándares y procedimientos, para fijar el currículum, establecer los honorarios y conceder grados, y para determinar a quién se permitiría estudiar o enseñar. Consiguieron esto en virtud del mecenazgo de alto nivel de los papas, emperadores y reyes, que ofrecían protección, garantizaban privilegios, otorgaban inmunidad respecto a la jurisdicción e impuestos locales y en general se ponían de parte de las universidades en distintas luchas por el poder. Las universidades eran consideradas activos vitales, que había que criar con cariño y (si las circunstancias lo exigían) disciplinar juiciosamente. Lo extraordinario es cuán efectiva resultó la crianza y cuán rara y benévolamente se ejerció la función disciplinaria. Hubo ciertos episodios, como veremos, en los que la Iglesia intervino decisivamente. Pero la mayoría de las universidades consiguieron la rara y destacable hazaña de asegurarse el mecenazgo y la protección sin interferencias.[32]

A medida que las universidades aumentaron su tamaño, la organización interna se hizo necesaria. Había diferencias, desde luego, pero París

31. Excelentes introducciones a la historia de las universidades pueden encontrarse en John W. Baldwin, *The Scholastic Culture of the Middle Ages*; Astrik L. Gabriel, «Universities», en *Dictionary of the Middle Ages*, 12, págs. 282-300; y Alan B. Cobban, *The Medieval Universities: Their Development and Organization*. Viejos clásicos, todavía útiles, son Charles H. Haskins, *The Rise of Universities*; y Hastings Rashdall, *The Universities of Europe in the Middle Ages*, F. M. Powicke y A. B. Emden (comps.), 3 vols. Para una excelente obra reciente sobre las universidades inglesas, véase Catto, *History of the University of Oxford*, vol. 1; William J. Courtenay, *Schools and Scholars in Fourteenth-Century England*; y Alan B. Cobban, *The Medieval English Universities: Oxford and Cambridge to c. 1500*. Sobre París, véase Stephen C. Ferruolo, *The Origins of the University: The Schools of Paris and Their Critics, 1100-1215*.

32. Sobre el patronazgo y privilegios, véanse Pearl Kibre, *Scholarly Privileges in the Middle Ages*; y Guy Fitch Lytle, «Patronage Patterns and Oxford Colleges, c. 1300-c. 1500».

(la universidad preeminente en el norte de Europa) sirve como ilustración. En París llegó a haber cuatro facultades o gremios: una facultad de artes liberales (la más grande de las cuatro con diferencia) y tres facultades superiores, derecho, medicina y teología. Las artes liberales se consideraban preparatorias para el trabajo en las facultades superiores, y la admisión a éstas usualmente dependía de haber concluido los estudios en artes. Debido a que los maestros de las facultades de artes eran más numerosos que los profesores de otras facultades, consiguieron el control de la universidad.

Un muchacho llegaba a la universidad alrededor de los catorce años, habiendo aprendido previamente latín en la escuela de gramática. En el norte de Europa, la matriculación en la universidad generalmente confería estatus clerical. Eso no significa que los estudiantes fueran sacerdotes o monjes, sino simplemente que estaban bajo la autoridad y protección de la Iglesia y tenían ciertos privilegios eclesiásticos. El estudiante se matriculaba con un maestro concreto (piénsese en el modelo del aprendiz) cuyas clases seguía durante tres o cuatro años antes de presentarse él mismo al examen para el grado de bachiller (juvenil). Si lo pasaba se convertía en bachiller en artes, con el estatus de un aprendiz oficial, y se le permitía dar ciertos tipos de clases bajo la dirección de un maestro (más o menos parecido al ayudante actual), mientras continuaba sus estudios. Alrededor de los veintiún años, habiendo asistido a clases de todas las materias exigidas, podía presentarse al examen para el título de M. A. (maestro en artes). La superación de este examen convertía al estudiante en miembro de la facultad de artes, con derecho a enseñar todo lo incluido en el currículum de artes.

En comparación con las escuelas griegas, romanas o de inicios de la Edad Media, las universidades eran enormemente grandes, pero todavía estaban lejos de las gigantescas universidades públicas de hoy. Había grandes diferencias, desde luego, pero una universidad medieval típica era comparable en tamaño a una pequeña facultad norteamericana de humanidades, con una población estudiantil que oscilaba entre unos 200 y 800 alumnos. Las principales universidades eran considerablemente mayores: en el siglo XIV, Oxford probablemente tenía entre 1.000 y 1.500 estudiantes; Bolonia tenía un tamaño similar; y París pudo alcanzar los 2.500 o 2.700 estudiantes.[33] Resulta evidente por estas cifras que la gente

33. Debo estas estimaciones a mi colega William J. Courtenay.

con estudios universitarios era una minúscula fracción de la población europea, pero su influencia acumulativa a lo largo del tiempo no debería subestimarse. Parece indudable, por ejemplo, que la cultura alemana fue decisivamente configurada por los más de 200.000 estudiantes que pasaron por las universidades alemanas entre 1377 y 1520.[34]

Sería un error suponer que la mayoría de estos estudiantes salían de su experiencia universitaria con una titulación. La gran mayoría la dejaba después de un año o dos, por haber adquirido suficiente educación para satisfacer sus necesidades, porque se habían quedado sin dinero o porque habían descubierto que no eran aptos para la vida académica. Un número importante moría antes de terminar sus estudios, un recordatorio de la elevada tasa de mortalidad en la Edad Media.[35] Al estudiante que conseguía llegar a ser M. A. a menudo se le exigía que enseñara durante dos años (debido a la escasez crónica de profesores en la facultad de artes). Simultáneamente podía matricularse en una de las facultades superiores, que le prometían un empleo más lucrativo. Pocos maestros en artes se dedicaban a la actividad profesoral en la facultad de artes. El programa de estudios de medicina (que proporcionaba el grado de maestro o doctorado, no había diferencia) exigía cinco o seis años después del grado de maestro en artes; el de derecho, unos siete u ocho años más; y el de teología algo así como entre ocho y dieciséis años más de estudio. Era un programa largo y exigente, y los que conseguían el grado de maestro en alguna de las facultades superiores pertenecían a una reducida élite de eruditos.

Llegamos por fin al currículum. Desde luego, evolucionó a medida que avanzaba la Edad Media, pero es posible hacer algunas generalizaciones.[36] Primero, se llegó a comprender que las siete artes liberales ya no proporcionaban un marco adecuado para concebir la misión de las escuelas. La gramática iba perdiendo importancia, cediendo su lugar en

34. Para los datos, véase James H. Overfield, «University Studies and the Clergy in Pre-Reformation Germany», págs. 277-286.

35. Para los datos reales sobre la mortalidad estudiantil, véase Guy Fitch Lytle, «The Careers of Oxford Students in the Later Middle Ages», pág. 221.

36. Existe una gran cantidad de literatura útil sobre el currículum de las universidades medievales. En general, véanse Baldwin, *Scholastic Culture*; James A. Weisheipl, «Curriculum of the Faculty of Arts at Oxford in the Fourteenth Century»; Weisheipl, «Developments in the Arts Curriculum at Oxford in the Early Fourteenth Century»; y los artículos pertinentes en Catto, *The Early Oxford Schools*, vol. 1 de *The History of the University of Oxford*.

FIG. 9.8. *Mob Quad, Merton College, Oxford. Data del siglo* XIV. *Es el patio completo más antiguo de Oxford.*

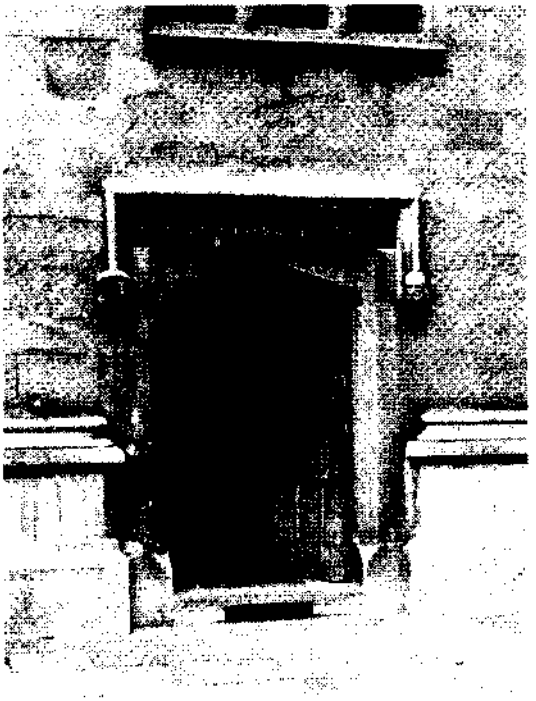


FIG. 9.9. *Portal de una de las escuelas medievales tardías, hoy parte de la Bodleian Library, Universidad de Oxford.*

el currículum en favor de un creciente y marcado énfasis en la lógica. Las temas de matemáticas del cuadrivio, que nunca fueron prominentes en las escuelas medievales, conservaron su bajo perfil (con algunas excepciones, que se tratarán más adelante). El currículum de artes se centraba en tres filosofías: filosofía moral, filosofía natural y metafísica. Y, desde luego, medicina, derecho y teología pasaron a ser consideradas como materias avanzadas, dadas en las facultades superiores y que requerían como prerrequisito el estudio en la facultad de artes.

Segundo, ¿dónde quedaban las materias que nosotros consideramos científicas? Trataremos sobre el contenido de las distintas ciencias en capítulos posteriores; aquí la pregunta se refiere a su lugar en el currículum. Generalmente se enseñaban las artes del cuadrivio, pero raramente se cargaba el acento en ellas. La aritmética y la geometría ocupaban quizá de ocho a diez semanas en el currículum de un típico estudiante medieval de licenciatura, pero los que querían más frecuentemente podían conseguirlo, al menos en las universidades más grandes. La astronomía se cultivaba a un nivel más alto, como el arte de la cronometría y el establecimiento del calendario religioso (especialmente la determinación de la Pascua de Resurrección) o como la infraestructura teórica para la práctica de la astrología (frecuentemente en conexión con la medicina). Los textos de enseñanza eran libros griegos o árabes traducidos (incluido, en ocasiones, el *Almagesto* de Ptolomeo) o libros nuevos, escritos expresamente para este propósito. El nivel medio del conocimiento astronómico pudo haber sido bastante bajo, pero hubo momentos y lugares en los que el tema se enseñó con pericia y sofisticación. Y no cabe duda de que las universidades producían unos pocos astrónomos muy competentes (véase el capítulo 11).

Si, en general, las ciencias matemáticas siguieron ocupando un lugar discreto, la filosofía natural aristotélica se convirtió en elemento central del currículum. Desde los modestos inicios a principios del siglo XII, la influencia de Aristóteles creció hasta el punto de que, en la segunda mitad del siglo XIII, sus obras de metafísica, cosmología, física, meteorología, psicología e historia natural pasaron a ser temas obligatorios de estudio. Ningún estudiante salía de la educación universitaria sin una profunda base de filosofía natural aristotélica. Y, finalmente, debemos señalar que la medicina tenía la suerte de ser cultivada en su propia facultad.[37]

37. Sobre la ciencia en el currículum medieval, además de las obras de Baldwin y Weisheipl citadas anteriormente, véase Peter Kibre, «The *Quadrivium* in the Thirteenth

Tercero, uno de los rasgos más destacables del currículum era el alto grado de uniformidad de una universidad a otra. Hasta este momento, las diferentes escuelas generalmente representaban distintas corrientes de pensamiento. En la antigua Atenas, por ejemplo, la Academia, el Liceo, la Stoa y el Jardín de Epicuro estaban dedicadas a la propagación de filosofías rivales y (hasta cierto punto) incompatibles. Pero las universidades medievales, si bien diferían algo en el énfasis y la especialización, desarrollaban un currículum común compuesto de las mismas materias enseñadas a partir de idénticos textos.[38] En parte esto era una respuesta al repentino influjo del saber griego y árabe a través de las traducciones del siglo XII, que proporcionó a los estudiosos europeos una colección estándar de fuentes y un conjunto común de problemas. También estaba conectado, como causa y como efecto, con el alto nivel de movilidad de los estudiantes y profesores medievales. La movilidad del profesorado se veía facilitada por la *ius ubique docendi* (derecho a enseñar en cualquier lugar) conferido al maestro en virtud de haber completado su carrera de estudios. De este modo, un estudioso que obtuvo su grado en París podía enseñar en Oxford sin interferencias y, lo que quizás es más importante, sin coger una indigestión intelectual. Eso sólo era posible porque los temas enseñados en una no diferían sustantivamente de los mismos temas tal como se enseñaban en la otra. Por primera vez en la historia, existía un esfuerzo educativo de alcance internacional, emprendido por estudiosos conscientes de su unidad intelectual y profesional, que ofrecían educación superior estandarizada a toda una generación de estudiantes.

Cuarto, esta educación estandarizada difundió una metodología y una visión del mundo basadas sustantivamente en las tradiciones intelectuales presentadas en los primeros capítulos de este libro. Metodológicamente, las universidades se dedicaban al examen crítico de las pretensiones cognoscitivas mediante el uso de la lógica aristotélica. Y el sistema de creencias que surgía de la aplicación de este método integró el contenido del saber griego y árabe en las afirmaciones de la teología cristiana. Tra-

---

Century Universities (with Special Reference to Paris)». También Guy Beaujouan, «Motives and Oportunities for Science in the Medieval Universities»; Edward Grant, «Science and the Medieval University»; James A. Weisheipl, «Science in the Thirteenth Century»; y Edith Dudley Sylla, «Science for Undergraduates in Medieval Universities».

38. Debe insistirse en que el saber en la Edad Media se concebía como el dominio de un conjunto de textos comunes. Esto contrasta con el punto de vista moderno, que ve la educación como el dominio de ciertos temas y considera la elección de textos específicos como accesoria.

taremos más adelante (especialmente en el capítulo 10) sobre las luchas relacionadas con la recepción del nuevo saber y la forma y el contenido de la síntesis resultante. Por el momento basta señalar que estas luchas fueron ganadas por el partido liberal, que deseaba ampliar el depósito del saber europeo mediante la asimilación de los frutos de la investigación griega y árabe. Así, en las universidades medievales, las ciencias griega y árabe (casi en su totalidad) al menos hallaron un hogar institucional seguro.

Finalmente, debemos afirmar con énfasis que dentro de este sistema educativo, el maestro medieval tenía un gran margen de libertad. El estereotipo de la Edad Media pinta al profesor como débil y servil, un seguidor esclavizado de Aristóteles y de los padres de la Iglesia (cómo podría uno ser esclavo de ambos, es algo que el estereotipo no explica) temeroso de apartarse siquiera un ápice de las exigencias de la autoridad. Había límites teológicos generales, desde luego, pero dentro de éstos el maestro medieval tenía una notable libertad de pensamiento y expresión. Casi no había doctrina, filosófica o teológica, que no fuera sometida a crítica y escrutinio minuciosos por los estudiosos de la universidad medieval. Ciertamente, el maestro medieval, particularmente el maestro especializado en ciencias naturales, no se habría considerado a sí mismo como limitado u oprimido por la autoridad antigua o religiosa.

Capítulo 10

La recuperación y asimilación de la ciencia griega e islámica

El nuevo saber

La revitalización educativa de los siglos XI y XII fue reforzada y transformada a lo largo del siglo XII por la adquisición de nuevas fuentes. En 1100, la revitalización todavía podía interpretarse como un intento de recuperar y dominar los clásicos latinos: los autores romanos y de inicios del Medievo, incluidos los padres de la Iglesia, y unas pocas fuentes griegas (el *Timeo* de Platón y partes de la lógica de Aristóteles, por ejemplo) que existían en traducciones latinas tempranas. Había empezado a fluir un continuo goteo de nuevas traducciones del griego y del árabe, pero su impacto todavía era modesto. Cien años más tarde, este goteo se había convertido en un torrente, y los estudiosos se vieron luchando valerosamente por organizar y asimilar un cuerpo de nuevos conocimientos abrumador en alcance y magnitud.

La existencia de este nuevo saber fue la característica central de la vida intelectual del siglo XIII, estableciendo un programa de trabajo que preocuparía a los mejores investigadores del siglo. Se trataba de adaptarse a los contenidos de los textos recientemente traducidos, conocer a fondo el nuevo conocimiento, organizarlo, determinar su significado, descubrir sus ramificaciones, resolver sus contradicciones y aplicarlo (donde fuera posible) a los intereses intelectuales existentes. Los nuevos textos eran enormemente atractivos debido a su amplitud, su poder intelectual y su utilidad. Pero también eran de origen pagano. Y, como los estudiosos fueron descubriendo gradualmente, contenían material que era teológicamente dudoso. Así pues, los investigadores del siglo XIII afrontaban un desafío aleccionador. Su acercamiento al nuevo material y su pericia al

enfrentarse a él contribuirían a configurar permanentemente el pensamiento occidental.

La mayoría de las obras traducidas eran inofensivas. El mero hecho de que un texto fuera traducido nos indica que alguien pensó que su utilidad pesaba más que cualesquiera peligros potenciales. De hecho, los tratados técnicos sobre toda clase de temas (matemáticas, astronomía, estática, óptica, meteorología y medicina) fueron recibidos con entusiasmo incondicional. Eran obviamente superiores a todo lo disponible previamente en sus respectivos ámbitos; en muchos casos llenaban un vacío intelectual, y no contenían sorpresas filosófica o teológicamente desagradables. Así pues, los *Elementos* de Euclides, el *Almagesto* de Ptolomeo, el *Álgebra* de al-Jwārizmī, la *Óptica* de Ibn al-Haytam y el *Canon de medicina* de Avicena fueron pacíficamente añadidos al corpus del conocimiento occidental. El proceso por el cual estos y otros tratados técnicos fueron dominados y asimilados será tratado en los capítulos siguientes.

En la medida en que hubo dificultades, éstas aparecieron en áreas temáticas más amplias que afectaban a la visión del mundo o a la teología, temas tales como la cosmología, la física, la metafísica, la epistemología y la psicología. En estas materias eran centrales las obras de Aristóteles y sus comentadores, que abordaban con éxito una multitud de problemas filosóficos cruciales, a la vez que prometían desvelar nuevos beneficios a partir del uso adecuado de su metodología. El poder explicativo del sistema aristotélico era obvio, y resultaba sobremanera atractivo para los estudiosos occidentales. Pero otorgaba sus beneficios a un cierto precio, pues la filosofía aristotélica inevitablemente tocaba muchas cuestiones ya afrontadas mediante una mezcla de filosofía platónica y teología cristiana que gradualmente se había ido consolidando a lo largo del milenio anterior. A diferencia de los tratados sobre cuestiones más restringidas, más técnicas, la filosofía aristotélica no llenaba un vacío intelectual, sino que invadía un territorio ocupado. Esto llevó a una serie de escaramuzas, que acabaron (como veremos) en un acuerdo negociado. Examinemos las etapas que tuvo este proceso.

Aristóteles y el currículum universitario

La mayoría de las obras de Aristóteles y algunos de los comentarios de éstas (especialmente los del musulmán del siglo XI Avicena) estaban disponibles en traducción hacia 1200. Sabemos muy poco acerca de esta

difusión inicial o de su uso en las escuelas, pero parece que hicieron su aparición en Oxford y en París durante la primera década del siglo XIII. En Oxford, en las décadas inmediatamente posteriores no surgieron obstáculos al lento pero constante crecimiento de la influencia aristotélica.[1] Sin embargo, en París, Aristóteles topó con dificultades desde el principio. Hubo alegatos de que los maestros de artes enseñaban el panteísmo (en líneas generales, la identificación de Dios con el universo) por inspiración aristotélica. El resultado de estos cargos fue un decreto, editado por la asamblea de obispos de París en 1210, que reflejaba la opinión conservadora de la facultad de teología, prohibiendo la enseñanza de la filosofía natural de Aristóteles dentro de la facultad de artes. Este decreto fue renovado en 1215 por el legado papal Robert de Courçon, pero seguía siendo aplicable sólo en París.[2]

El papa Gregorio IX se involucró directamente en 1231, cuando se promulgaron las normas de gobierno de la universidad de París. Gregorio aceptó la legitimidad de la prohibición de 1210, y la renovó, especificando que los libros de Aristóteles sobre filosofía natural no debían ser leídos en la facultad de artes hasta que hubieran sido «examinados y purgados de todo error sospechoso». Diez días más tarde, en una carta en la que nombraba la comisión que iba a actuar en esta materia, el propio Gregorio explicó: «Puesto que las otras ciencias deberían servir a la sabiduría de las Sagradas Escrituras, los fieles deben apropiárselas en la me-

1. Sobre la primera difusión de las obras de Aristóteles en Occidente, véanse Aleksander Birkenmajer, «Le rôle joué par les médecins et les naturalistes dans la réception d'Aristote au XII^e et XIII^e siècles»; y Richard Lemay, *Abu Ma'shar and Latin Aristotelianism in the Twelfth Century*. Sobre la recepción de Aristóteles en las universidades, véase el excelente análisis de Fernand Van Steenberghen, *Aristotle in the West*; un análisis paralelo puede verse en Van Steenberghen, *The Philosophical Movement in the Thirteenth Century*. El útil examen de David Knowles, *The Evolution of Medieval Thought*, se basa en gran medida en Van Steenberghen. Para una excelente revisión del aristotelismo en Occidente, véase William A. Wallace, «Aristotle in the Middle Ages», *Dictionary of the Middle Ages*, 1, págs. 450-469. Sobre Oxford, véase Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, cap. 6; y D. A. Callus, «Introduction of Aristotelian Learning in Oxford».

2. Sobre el aristotelismo en París, véase Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, caps. 4-5. Véanse también John W. Baldwin, *Masters, Princes, and Merchands. The Social Views of Peter the Chanter and his Circle*, 1, págs. 104-107; y Richard C. Dales, *The Intellectual Life of Western Europe in the Middle Ages*, págs. 243-246. Para una traducción de documentos relacionados con los acontecimientos de París, véanse Lynn Thorndike, *University Records and Life in the Middle Ages*, págs. 26-40; y reimpreso, con notas adicionales, en Edward Grant (comp.), *A Source Book in Medieval Science*, págs. 42-44.

dida en que se sepa que se conforman a la buena voluntad del Dador». Sin embargo, había llegado a oídos de Gregorio que «los libros sobre filosofía natural que fueron prohibidos en un consejo provincial en París [...] contienen tanto material útil como inútil». Por ello, «con el fin de que lo útil no sea contaminado por lo inútil», Gregorio aconsejó a su recién nombrada comisión que «eliminara todo lo que es erróneo o que puede causar escándalo u ofender a los lectores, de modo que cuando las materias dudosas hayan sido eliminadas, el resto pueda ser estudiado sin demora y sin ofensa».[3]

Lo que resulta digno de destacar es que Gregorio aceptara tanto la utilidad como los peligros de la filosofía natural aristotélica. Aristóteles seguía prohibido hasta que fuera purgado del error. Pero una vez que el error hubiera sido eliminado, se animaba a los estudiosos a usarlo. También es importante notar que parece que la comisión nombrada por Gregorio no se reunió nunca, quizás a causa de que uno de sus principales miembros, el teólogo Guillermo de Auxerre, murió aquel mismo año, y no se ha descubierto nunca ninguna versión purgada de Aristóteles. La aceptación posterior de Aristóteles se apoyó en una versión no censurada de sus obras.

Varios documentos rigieron el destino de las obras de Aristóteles durante los siguientes veinticinco años. Ponen de manifiesto que las prohibiciones de 1210, 1215 y 1231 tuvieron un éxito parcial durante algún tiempo, pero que empezaron a perder su efectividad hacia 1240. Una razón de esto pudo haber sido que Gregorio IX murió en 1241, después de lo cual las normas de una década antes pudieron perder algo de su fuerza coercitiva. Otra pudo haber sido la creciente conciencia entre los maestros en artes parisinos de que estaban perdiendo terreno (y reputación) ante sus colegas de Oxford y otras universidades. También debemos tomar en cuenta la posibilidad de que la enseñanza de la lógica de Aristóteles (no abarcada por las prohibiciones), la total disponibilidad de las obras de Aristóteles sobre filosofía natural (a pesar de la prohibición sobre su enseñanza) y la recuperación de nuevos comentadores aristotélicos (especialmente Averroes) elevaron la reputación de Aristóteles hasta el punto de que la fuerza de la filosofía aristotélica resultaba imparable. Y, desde luego, debemos recordar que para los teólogos siempre había sido legítimo usar a Aristóteles en tanto lo consideraran adecuado.

3. Para el texto latino, véase Henricus Denifle y Aemilio Chatelain, *Chartularium Universitatis Parisiensis*, 4 vols. (París, Delalain, 1889-1897), 1, págs. 138, 143. Para otra traducción inglesa, que incluye más texto, véase Thorndike, *University Records*, pág. 40.

Fueran cuales fueran las causas, parece que las obras de Aristóteles sobre filosofía natural se convirtieron en tema de las clases de la facultad de artes en los años 1240 o un poco antes. Uno de los primeros en enseñarlas fue Roger Bacon.[4] Más o menos al mismo tiempo, en la facultad de teología de París fueron penetrando actitudes más liberales hacia el uso de Aristóteles, de modo que vemos una progresiva tendencia a permitir que la filosofía de Aristóteles configurara la especulación y el pensamiento teológicos. En 1255 los papeles se habían invertido totalmente, pues en este año la facultad de artes pasaba a los nuevos estatutos lo que aparentemente ya era práctica común, es decir, las clases sobre todas las obras conocidas de Aristóteles. La filosofía natural de Aristóteles no sólo se había hecho un lugar en el currículum de artes, se había convertido en uno de sus principales ingredientes.

Puntos conflictivos

Ha llegado el momento de precisar las características de la filosofía aristotélica que causaron preocupación o que fueron combatidas. Pero primero debemos destacar que el contenido de la filosofía de Aristóteles, tal como era entendido por los lectores occidentales, se hallaba en un estado de flujo. Debido a que Aristóteles era excesivamente difícil de entender, los lectores naturalmente se valían de cualquier ayuda explicativa que pudieran conseguir. Afortunadamente, los comentadores de la antigüedad tardía y del Islam medieval habían parafraseado a Aristóteles o explicado los puntos difíciles en los distintos textos aristotélicos, y las obras de estos comentadores fueron progresivamente traducidas junto con las propias obras de Aristóteles y usadas dondequiera que Aristóteles era estudiado seriamente. En las décadas finales del siglo XII y en las primeras del XIII, el principal comentador fue el musulmán Avicena (Ibn Sīnā, 980-1037), que presentaba una versión platonizante de la filosofía aristotélica.[5] El cargo de enseñanza panteísta en París, hecho en 1210, indudablemente refleja

4. Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, págs. 89-110; David C. Lindberg (comp. y trad.), *Roger Bacon's Philosophy of Nature*, págs. xvi-xvii.

5. Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, págs. 17-18, 64-66, 127-128. Puede encontrarse una breve exposición de la filosofía de Avicena en Majid Fakhry, *A History of Islamic Philosophy*, págs. 147-183; y G. C. Anawati y Albert Z. Iskandar, «Ibn Sīnā», *Dictionary of Scientific Biography*, 15, págs. 494-501.

los efectos de la lectura neoplatónica que hacía Avicena de Aristóteles. Sin embargo, a partir de 1230 aproximadamente, los comentarios de Avicena empezaron a ser desplazados por los del musulmán español Averroes (Ibn Rušd, 1126-1198).[6] No hay duda de que Averroes también era capaz de extender o de distorsionar el sentido de Aristóteles, y de que lo hizo así en alguna ocasión, pero en general el cambio desde la guía de Avicena a la de Averroes significó un retorno a una versión más auténtica, menos platonizante, de la filosofía aristotélica. Tan influyente llegó a ser Averroes en Occidente que acabó siendo conocido simplemente como «*el* Comentador».

¿Qué había en la lectura averroísta (o más auténtica) de Aristóteles que provocara dificultades? Algunas afirmaciones concretas parecían (con distintos grados de claridad) violar la doctrina cristiana ortodoxa. Y tras estas afirmaciones había una perspectiva general, racionalista y naturalista en el tono, que sonaba a algunos observadores como antitético con el pensamiento cristiano tradicional. El modo más simple de discutir estas cuestiones será empezar con las afirmaciones concretas.

Una característica importante del cosmos aristotélico era su eternidad, defendida con distintos argumentos en distintas obras de Aristóteles. Estando relacionada, como lo estaba, con la doctrina de la creación, era una afirmación que difícilmente podía ser pasada por alto por los lectores cristianos. La posición de Aristóteles era que el cosmos no ha nacido ni puede dejar de existir. Afirmaba que los elementos siempre se han comportado según sus naturalezas. Consecuentemente, no puede haber habido un momento en el que el universo tal como lo conocemos naciera, y no llegará ningún momento en el que deje de existir. Se sigue que el universo es eterno. Así, Aristóteles repudió la cosmología evolutiva de los filósofos presocráticos.[7]

Sin embargo, desde un punto de vista cristiano, esto es una conclusión intolerable. No sólo la Biblia contiene un relato de la creación en los

6. Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, págs. 18-20, 89-93. El traductor más importante de Averroes fue Michael Scot († ca. 1235), que empezó en 1217 y continuó hasta la década de 1230, pero no hay evidencia de que su traducción fuera usada en París hasta después de 1230; véase *ibid.*, págs. 89-94. Lorenzo Minio-Paluello, «Michael Scot», *Dictionary of Scientific Biography*, 9, págs. 361-365. Sobre la filosofía de Averroes, véanse Fakhry, *A History of Islamic Philosophy*, págs. 302-325; y Roger Arnaldez y Albert Z. Iskandar, «Ibn Rushd», *Dictionary of Scientific Biography*, 12, págs. 1-9.

7. Véase, por ejemplo, Aristóteles, *Sobre el cielo*, I, 10-11. Para un análisis de la doctrina de Aristóteles, véase Friedrich Solmsen, *Aristotle System of the Physical World*, págs. 51, 266-274, 422-424.

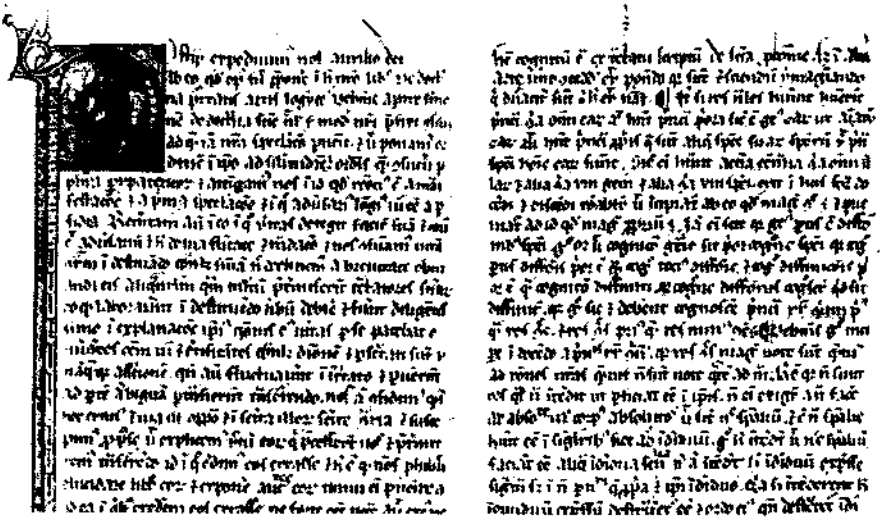


FIG. 10.1. *Comienzo de la* Física *de Avicena* (Sufficientia, *pt. II*), Graz, Universitätsbibliothek, MS, II.482, fol. 111r (Siglo XIII).

capítulos iniciales del *Génesis*, sino que la absoluta dependencia del universo creado respecto del Creador era fundamental para las concepciones cristianas de Dios y del mundo. Consecuentemente, entre los comentadores cristianos de Aristóteles en el siglo XIII, encontramos una serie ininterrumpida de intentos de resolver este problema.[8] Consideraré algunos de los argumentos más adelante.

Otro problema, que también afectaba a las relaciones entre el Creador y la creación, era el del determinismo. La cuestión de las tendencias deterministas en la filosofía natural de Aristóteles es muy espinosa. Lo que hay que afirmar aquí es que el universo como él lo describe contiene naturalezas inmutables, que son la base de una secuencia regular de causa-efecto. Esto es especialmente evidente en los cielos, donde lo que es siempre será. Además, Aristóteles considera la deidad, el Primer Motor, como eternamente inmutable y por tanto incapaz de intervenir en la actividad del cosmos. Así, la maquinaria cósmica continúa hacia adelante in-

8. Véanse, por ejemplo, Tomás de Aquino, Siger de Brabante y Buenaventura, *On the Eternity of the World* (trad. de Cyril Vollert y otros); Boecio de Dacia, *On the Supreme Good, On the Eternity of the World, On Dreams*; y Richard C. Dales, «Time and Eternity in the Thirteenth Century», *Journal of the History of Ideas*, 49 (1988), págs. 27-45. Para una exposición completa de las discusiones medievales, váse Dales, *Medieval Discussions of the Eternity of the World*.

evitable e inmutablemente, iniciando una cadena de causas y efectos que desciende y se extiende por el mundo sublunar. El peligro aquí es que en el marco aristotélico no queda lugar para los milagros.[9] Y, finalmente, ligadas a la filosofía aristotélica estaban las teorías astrológicas, que amenazaban la libertad humana de elección (esencial para la enseñanza cristiana sobre el pecado y la salvación) si se podía demostrar que las influencias celestes actuaban sobre la voluntad.

En el siglo XIII, todos estos elementos o tendencias deterministas eran vistos como un desafío a la doctrina cristiana, especialmente a la libertad y omnipotencia divinas, a la divina providencia y a los milagros. El Primer Motor de Aristóteles, que ni siquiera sabe de la existencia del alma humana individual y ciertamente no interviene en su favor, dista mucho del Dios cristiano, que sabe cuando cae el gorrión y el número de cabellos de nuestra cabeza.[10]

Como un ejemplo final de las problemáticas ideas aristotélicas, podemos considerar la naturaleza del alma. Aristóteles sostuvo que el alma es la forma o principio organizativo del cuerpo, la plena actualización de las potencialidades inherentes a la materia del individuo. Se sigue de ello que el alma no puede tener existencia independiente, puesto que la forma, incluso si pudiera distinguirse de la materia, no puede existir independientemente de la materia. Suponer que el alma puede ser separada del cuerpo sería tan insensato como suponer que el filo de un hacha puede ser separado de la materia del hacha. Al morir, por tanto, cuando el individuo se disuelve, su forma o alma simplemente deja de existir.[11] Una conclusión así es claramente incompatible con la enseñanza cristiana sobre la inmortalidad del alma.

La inmortalidad del alma individual también era puesta en cuestión por otra doctrina psicológica desarrollada por Averroes, cuando intentó resolver ciertas dificultades de la epistemología de Aristóteles. La teoría

9. Para una breve explicación del determinismo e indeterminismo en Aristóteles, véase Abraham Edel, *Aristotle and His Philosophy*, págs. 95, 389-401. Para un análisis completo, véase Richard Sorabji, *Necessity, Cause, and Blame*. Para un excelente análisis del planteamiento islámico de este problema, véase Barry S. Kogan, *Averroes and the Metaphysics of Causation*.

10. Para la doctrina bíblica, véase Mateo, 10, págs. 29-31.

11. Sobre la teoría del alma de Aristóteles, véase G. E. R. Lloyd, *Aristotle*, cap. 9. Sobre la respuesta cristiana, véanse Fernand Van Steenberghen, *Thomas Aquinas and Radical Aristotelianism*, págs. 29-70; y Knowles, *The Evolution of Medieval Thought*, págs. 206-218, 292-296.

averroísta completa, conocida como «monopsiquismo», es extremadamente intrincada. Lo importante para nosotros es la afirmación de que la parte inmaterial e inmortal del alma humana, el «alma intelectiva», no es individual o personal, sino un intelecto unitario compartido por todos los humanos. Parecería seguirse que lo que sobrevive a la muerte no es personal, sino colectivo; la inmortalidad queda preservada, pero no la inmortalidad personal. También aquí es clara la violación de la enseñanza cristiana.[12]

Afirmaciones como éstas no eran partes aisladas de la filosofía, sino manifestaciones de actitudes básicas respecto a la razón y su relación adecuada con la fe y la teología. Entraron en la Europa occidental como ejemplos específicos de un punto de vista y de una metodología. Los paladines del nuevo aristotelismo tenían tendencia a ampliar el alcance de la actividad racional, la explicación naturalista y la demostración aristotélica. La filosofía era su juego, y estaban deseosos de desplegar sus virtudes en todos los campos del intelecto. Cuando la filosofía entró en la facultad de teología y empezó a influir en el método teológico, llegando a rivalizar con los estudios bíblicos como el foco de la educación teológica, los tradicionalistas comprensiblemente reaccionaron con cólera y frustración. Las acusaciones de arrogancia intelectual y de vana curiosidad se convirtieron en un lugar común. ¿Debían los artículos de fe ser probados por el contenido y los métodos de la filosofía pagana? ¿Las enseñanzas de Cristo, del apóstol Pablo y de los padres de la Iglesia iban a subordinarse a las de Aristóteles?

Un ejemplo particularmente punzante de este punto de vista en el campo de la filosofía natural era la tendencia a restringir el análisis a los principios causales descubribles mediante el ejercicio de la observación y la razón humanas, sin consideración de las enseñanzas de la revelación bíblica o la tradición de la Iglesia. La causalidad divina o sobrenatural nunca era negada, sino que se situaba (por parte de los proponentes más agresivos de la nueva metodología) fuera del territorio de la filosofía natural. Este naturalismo, cuyas semillas son visibles en pensadores del siglo XII como Guillermo de Conches (véase el capítulo 9), florecieron con el estímulo de Aristóteles y sus comentadores. Quizá la manifestación más amenazadora de estas inclinaciones naturalistas era la creciente tendencia de algunos filósofos a hacer una distinción entre «hablar filosóficamente»

12. Para una amplia exposición del monopsiquismo de Averroes y la respuesta occidental, véase Van Steenberghen, *Thomas Aquinas and Radical Aristotelianism*, págs. 29-74.

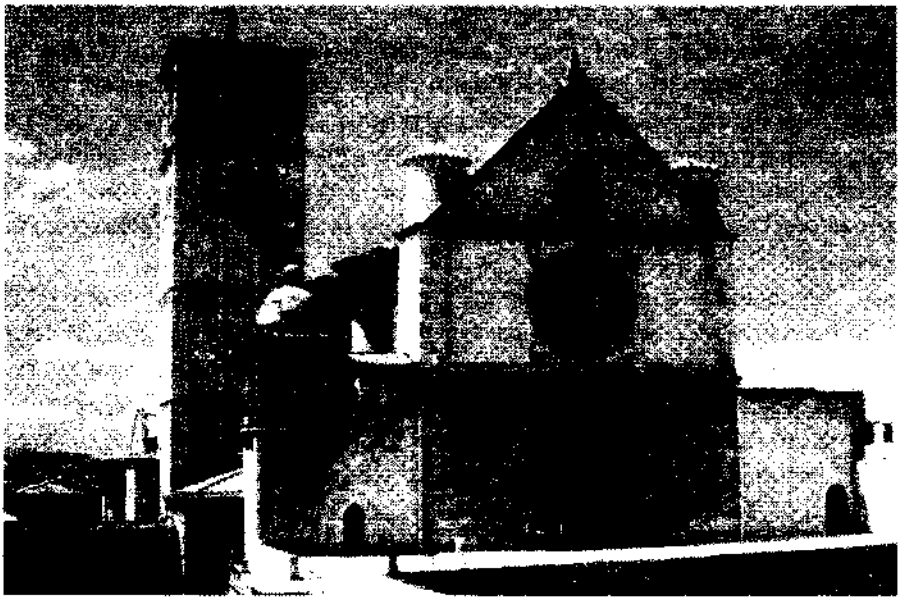


FIG. 10.2. *La basílica de San Francisco de Asís. Empezada a los pocos años de la muerte de Francisco, en 1226, para contener su tumba, esta iglesia se convirtió en la «cabeza y madre» de la orden franciscana y un importante lugar de peregrinaje.* Cortesía de Christopher Kleinhenz.

y «hablar teológicamente» y, lo que es mucho peor, a aceptar que los métodos filosófico y teológico pueden llevar a conclusiones incompatibles.

Los abogados de estos nuevos métodos no dudaron en considerar la introducción del rigor filosófico en el debate teológico como un gran paso adelante. Pero para los tradicionalistas esto parecía ser un serio caso de insubordinación y una violación de la distinción tradicional entre la actividad filosófica y la teológica. Visto desde la perspectiva más negativa, parecía que se pedía a Jerusalén que se sometiera a la autoridad de Atenas.

Antes de considerar los intentos del siglo XIII para resolver estas dificultades, debemos examinar brevemente el marco institucional en el que tuvieron lugar esos intentos. Los debates sobre el nuevo aristotelismo eran eruditos por naturaleza, y todos los participantes habían surgido de las universidades. Muchos eran profesores en activo, otros eran alumnos universitarios que habían ascendido a posiciones de liderazgo y autoridad en la Iglesia. El entender las condiciones profesionales del estudioso universitario nos ayudará a entender la persistente tendencia medieval a mez-

clar la filosofía y la teología. Prácticamente todos los teólogos habían estudiado filosofía en la facultad de artes antes de embarcarse en los estudios teológicos. Además, los estudiantes de teología frecuentemente estaban en la situación de estar enseñando simultáneamente en la facultad de artes, como un medio para ganarse la vida. Consecuentemente, algunos de los tratados filosóficos más influyentes de la Edad Media estaban escritos por estudiosos que estaban enseñando filosofía mientras estudiaban teología.[13]

A mediados de siglo, algunas de las figuras punteras eran franciscanos o dominicos, es decir, miembros de órdenes mendicantes fundadas a principios del siglo XIII. Los mendicantes eran «clero regular», debido a que vivían bajo una *regula* o regla (que incluía un voto de pobreza), a diferencia del «clero secular» (como los sacerdotes de parroquia), que no lo hacían. A diferencia de las órdenes monásticas, que enfatizaban el retiro del mundo en la búsqueda de la santidad personal, los mendicantes se comprometían con un ministerio activo dentro de un asentamiento urbano. En ocasiones, esto los llevaba al campo educativo, incluidas las universidades, donde llegaron a estar activamente involucrados en todas las grandes controversias filosóficas y teológicas.

Estos detalles institucionales contribuyeron de modos sutiles a los desarrollos intelectuales en los que estamos interesados. Las luchas que rodeaban el nuevo saber no eran puramente ideológicas, sino que se veían complicadas por las afiliaciones y rivalidades disciplinarias e institucionales. Los filósofos y los teólogos estaban unidos por la experiencia educativa de la facultad de artes, pero esto no evitaba que periódicamente tuvieran escaramuzas sobre las fronteras disciplinares. Dentro de la teología, los mendicantes estuvieron enzarzados durante un tiempo en una lucha de poder con los teólogos seculares de la universidad de París sobre el derecho a ocupar plazas de catedrático. Y dentro de las órdenes mendicantes, los franciscanos y los dominicos desarrollaron lealtades filosóficas algo diferentes y enfoques característicos del problema de la fe y la razón. Si queremos lograr una comprensión matizada del curso de los acontecimientos, debemos ser sensibles a estas corrientes subterráneas disciplinares e institucionales.

13. Para una exposición completa, véase William J. Courtenay, *Teaching Careers at the University of Paris in the Thirteenth and Fourteenth Centuries.*

Resolución: la ciencia como sierva

A pesar de los peligros que hemos mencionado, la filosofía aristotélica resultaba demasiado atractiva para ignorarla o suprimirla permanentemente. Desde las traducciones de Boecio a principios del siglo VI, el nombre de Aristóteles había sido sinónimo de lógica, y la lógica se había introducido profundamente en la investigación sobre casi cualquier tema. Ahora estaba disponible y preparado para funcionar un corpus ampliado de la lógica aristotélica. Los aspectos de la metafísica aristotélica también se habían filtrado a través de la literatura de la Edad Media inicial, y ahora, con el acceso al texto aristotélico completo, los estudiosos occidentales tenían en sus manos un poderoso instrumento para comprender y analizar su universo. Forma, materia, sustancia, actualidad y potencialidad, las cuatro causas, los cuatro elementos, los contrarios, la naturaleza, la finalidad, la cantidad, el tiempo y el espacio: la discusión por parte de Aristóteles de todos estos temas, y más, proporcionaba un persuasivo marco conceptual con el que experimentar y hablar acerca del mundo. En sus distintas obras psicológicas, Aristóteles trataba sobre el alma y sus facultades, incluida la percepción sensible, la memoria, la imaginación y la cognición. También presentaba una cosmología en la que el universo era convincentemente descrito y sus operaciones explicadas desde el cielo más remoto hasta la Tierra en el centro. Aristóteles daba una explicación del movimiento, de lo que nosotros llamaríamos una «teoría de la materia», y de los fenómenos meteorológicos que iban más allá de todo lo previamente disponible. Y, finalmente, ofrecía un corpus biológico inigualado en magnitud y en el detalle descriptivo y explicativo. Era inconcebible que estos tesoros intelectuales fueran simplemente repudiados, y nunca hubo un movimiento serio que tuviera esto como su objetivo. El problema no era cómo erradicar la influencia aristotélica, sino cómo domesticarla (de qué forma tratar los puntos conflictivos y negociar los límites, de modo que la filosofía aristotélica pudiera ser puesta a trabajar en favor del cristianismo).

El proceso de reconciliación empezó tan pronto como las obras de Aristóteles y sus comentadores estuvieron disponibles. Un primer intento fue realizado por Robert Grosseteste (ca. 1168-1253), un formidable investigador de Oxford y primer rector de la universidad. Aunque él no era franciscano, Grosseteste fue el primer profesor en la escuela franciscana de Oxford, ejerciendo de este modo una influencia formativa en la vida intelectual de la orden. El comentario de Grosseteste a los *Analíticos*

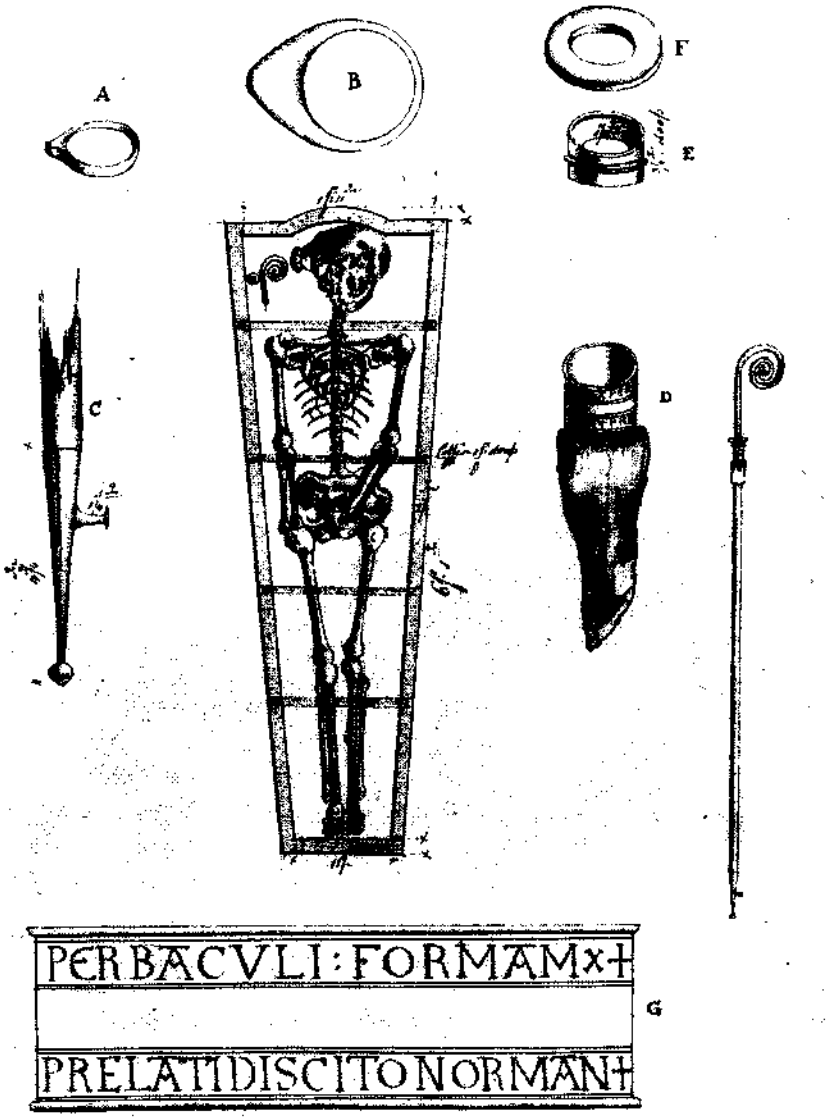


FIG. 10.3. *El esqueleto de Robert Grosseteste. Realizado cuando la tumba de Grosseteste en la catedral de Lincoln fue abierta en 1782; éste es uno de los pocos dibujos de un estudioso medieval hecho, por así decir, «en vivo». Con el esqueleto se muestran los otros objetos hallados en el ataúd, incluidos el anillo episcopal y restos del báculo pastoral.* Para una descripción más completa, véase D. A. Callus (comp.), *Robert Grosseteste, Scholar and Bishop*, págs. 246-250. Con permiso de The Natural History Museum, Londres.

segundos de Aristóteles, escrito probablemente en 1220, era uno de los primeros esfuerzos para tratar seriamente sobre el método científico de Aristóteles.[14] Grosseteste conocía la *Física,* la *Metafísica*, los *Meteorológicos* y las obras biológicas de Aristóteles. Pone de manifiesto la influencia de estas obras en su comentario a la *Física* y en una serie de breves tratados sobre distintos temas de física. Sin embargo, la formación intelectual de Grosseteste estaba fuertemente configurada por las influencias platónicas y neoplatónicas, y también por algunas de las obras recientemente traducidas sobre la ciencia matemática, y en sus obras físicas encontramos una incómoda yuxtaposición de elementos aristotélicos y no aristotélicos. La cosmogonía de Grosseteste (su explicación del origen del cosmos), por ejemplo, aunque insertada dentro de un marco fuertemente aristotélico, podría ser considerada como un intento de reconciliar el emanantismo neoplatónico (la idea de que el universo creado emana de Dios, como la luz emana del Sol) con el relato bíblico de la creación *ex nihilo*.[15]

Algunos importantes aspectos del programa de Grosseteste fueron continuados por un inglés más joven, Roger Bacon (ca. 1220-ca. 1292). Admirador de Grosseteste (pero probablemente nunca estudiante suyo), Bacon estaba inspirado por el ejemplo de la erudición de Grosseteste, especialmente su dominio de las ciencias matemáticas. Los detalles de la educación de Bacon son oscuros, pero está claro que estudió en Oxford y en París. Empezó a enseñar en la facultad de artes de París en la década de 1240, y allí fue uno de los primeros en dar clases sobre los libros de Aristóteles de filosofía natural, concretamente la *Metafísica*, la *Física*, *Sobre la sensación y lo sensible*, probablemente *Sobre la generación y la corrupción* (que trata sobre la teoría de la materia), *Acerca del alma*, y *Sobre los animales*; y quizá *Acerca del cielo*.[16] Mas tarde ingresó en la orden franciscana y dedicó el resto de su vida al estudio y la escritura.

14. Sobre Grosseteste y su carrera investigadora, véase el excelente estudio de James McEvoy, *The Philosophy of Robert Grosseteste*; para la datación del comentario de Grosseteste a los *Analíticos segundos*, véanse págs. 512-514. Sobre la vida y obra de Grosseteste, véase también D. A. Callus (comp.), *Robert Grosseteste, Scholar and Bishop*; y Richard W. Southern, *Robert Grosseteste*. Sobre la investigación de Grosseteste de la lógica de Aristóteles y su efecto en la metodología científica, véase el análisis algo exagerado de A. C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1110-1700*, caps. 3-4; también William A. Wallace, *Causality and Scientific Explanation*, 1, págs. 28-47.

15. Sobre la cosmogonía de Grosseteste, véase más adelante, capítulo 11, y las notas allí incluidas.

16. Sobre la carrera científica de Bacon, véanse Stewart C. Easton, *Roger Bacon and His Search for a Universal Science*; y Theodore Crowley, *Roger Bacon: The Problem of the*

Abordaremos varios aspectos del pensamiento científico de Bacon en capítulos posteriores. Lo que importa aquí es su campaña para salvar el nuevo saber de sus críticos. Los escritos científicos más importantes de Bacon no fueron obras «puras» de filosofía o de ciencia, sino apasionados intentos de persuadir a la jerarquía eclesiástica (estas obras estaban dedicadas al Papa) de la utilidad del nuevo saber, no sólo de la filosofía de Aristóteles, sino de la totalidad de la nueva literatura sobre filosofía natural, ciencia matemática y medicina. Bacon sostenía que la nueva filosofía es un don divino, capaz de probar los artículos de la fe y de persuadir a los no conversos, que el conocimiento científico contribuye vitalmente a la interpretación de la Escritura, que la astronomía es esencial para el establecimiento del calendario religioso, que la astrología nos capacita para predecir el futuro, que la «ciencia experimental» nos enseña cómo prolongar la vida y que la óptica nos capacita para crear artilugios que aterrorizarán a los no creyentes y llevarán a su conversión. El objeto de la campaña de Bacon era tomar la fórmula de Agustín de la [ciencia] sierva y aplicarla a las nuevas circunstancias, en las que la cantidad de conocimiento aportado a la espera de ser alistado como siervo era inmensamente mayor y más complejo.[17] De este modo, las ciencias naturales quedaban justificadas por su utilidad religiosa. Hay «una sabiduría perfecta», sostenía Bacon en su *Opus maius*:

> y está contenida en las Sagradas Escrituras, en las que está enraizada toda verdad. Por tanto, digo que una disciplina es ama de las otras, es decir, la teología, para la que las otras son necesidades integrales, y no puede alcanzar sus fines sin ellas. Y reivindica sus virtudes y las subordina a su señal y orden.[18]

Desde la perspectiva de Bacon, la teología no oprime a las otras ciencias sino que las pone a funcionar, dirigiéndolas a su auténtico fin.

En cuanto a los puntos del supuesto conflicto con la creencia cristiana, Bacon los descarta como problemas surgidos de una traducción de-

---

Soul in His Philosophical Commentaries. Para un práctico resumen biográfico, véase Lindberg, *Bacon's Philosophy of Nature*, págs. xv-xxvi.

17. Sobre el término «sierva» y sus implicaciones genéricas, véase anteriormente, capítulo 7, nota 27.

18. *The Opus Majus of Roger Bacon*, John H. Bridges (comp.), 3 vols. (London, Williams and Norgate, 1900), 3, pág. 36. Sobre la defensa que hizo Bacon de la nueva filosofía, véase David C. Lindberg, «Science as Handmaiden: Roger Bacon and the Patristic Tradition».

fectuosa o de una interpretación ignorante. Si la filosofía es verdaderamente un don divino, no puede haber un genuino conflicto entre ésta y los artículos de la fe. Para reforzar este punto, Bacon presenta la autoridad de Agustín y de otros escritores patrísticos que urgen a la Iglesia a rescatar a la filosofía de sus dueños paganos. Y sólo en el caso de que estos argumentos fracasen, hace callar a gritos a los críticos con una ráfaga de retórica sobre las maravillas de la ciencia.

A pesar del entusiasmo de Bacon, la cautela hacia la nueva filosofía, especialmente hacia el nuevo Aristóteles, se convirtió en la actitud típica de la orden franciscana hacia la mitad del siglo. Una de las personas que contribuyó más decisivamente a configurar esta posición fue el franciscano italiano Buenaventura (ca. 1217-1274). Estudió artes liberales y teología en la universidad de París, después siguió en ella para enseñar teología desde 1254 hasta 1257, renunciando a convertirse en general de la orden franciscana. Es indudable que Buenaventura respetaba la filosofía aristotélica, y sacó su lógica y mucho de su metafísica de ella. Pero, como Grosseteste y Bacon, estaba fuertemente influido por Agustín y la tradición neoplatónica, y en su pensamiento encontramos una rica síntesis de elementos aristotélicos y no aristotélicos.

Ciertamente, Buenaventura estaba de acuerdo con Bacon sobre la validez y aplicabilidad de la fórmula de la sierva propuesta por Agustín. La filosofía pagana era un instrumento, que había que usar en beneficio de la teología y de la religión. Pero era mucho más cauto que Bacon sobre la utilidad de la filosofía y más claramente consciente de los riesgos de promocionarla. Era pesimista respecto a la capacidad de la razón sola, sin la ayuda de la iluminación divina, para descubrir la verdad. Como resultado de ello, era propenso a atar corto a la filosofía y pronto a abandonar a Aristóteles o a sus comentadores en cualquier cuestión en la que se apartaran de las enseñanzas de la revelación. Así rechazó terminantemente cualquier posibilidad de un mundo eterno; defendió la inmortalidad del alma individual, descartando el monopsiquismo y afirmando que cada alma es en sí misma una sustancia (un compuesto de forma y materia espirituales) que sobrevivía a la disolución del cuerpo; combatió vigorosamente toda sugerencia de determinismo astral. Finalmente, en oposición al naturalismo aristotélico, Buenaventura destacó la participación providencial divina en cada caso de causa y efecto.[19]

19. La posición de Buenaventura en relación con las distintas tradiciones filosóficas del siglo XIII ha sido muy discutida. Para una exposición de las alternativas y un intento

FIG. 10.4. *Alberto Magno*. Fresco de Tommaso da Modena (1352), ubicado en el Monasterio de San Niccolò, Treviso, Alinari/Art Resource N. Y.

En la carrera de Grosseteste, Bacon y Buenaventura podemos ver varias tendencias importantes de los años iniciales y de la mitad del siglo XIII: un creciente conocimiento del corpus aristotélico, una mezcla de admiración y sospecha con respecto a sus contenidos y una tendencia a leer distintas ideas agustinianas y platónicas en los textos de Aristóteles. Dos dominicos activos a mitad y a finales del siglo XIII, Alberto Magno y Tomás de Aquino, contribuyeron a un conocimiento más completo de la filosofía aristotélica y a una actitud más abierta hacia sus afirmaciones.

Alemán de nacimiento, Alberto Magno (ca. 1200-1280) fue educado en Padua y en la escuela dominica de Colonia. A principios de la década de 1240 fue enviado a París para estudiar teología, y llegó a ser doctor en teología en 1245. En los siguientes tres años ocupó una de las dos cátedras de los dominicos en París. Tomás de Aquino estudió con él durante este periodo, y cuando Alberto fue llamado de vuelta a Colonia en 1248 para reorganizar la escuela dominica de allí, Tomás le acompañó. La mayoría de los comentarios aristotélicos de Alberto fueron compuestos después de su partida de París. Excepto su comentario a la *Ética* de Aristóteles, no son resultado de su enseñanza, sino escritos extracurriculares destinados al beneficio de los frailes dominicos.[20]

Alberto fue el primero en ofrecer una interpretación de conjunto de la filosofía de Aristóteles en el cristianismo occidental. Según esto, a menudo es considerado el fundador efectivo del aristotelismo cristiano. No debería entenderse que eso significa que Alberto consiguió la pureza filosófica. Algunos de sus primeros comentarios estaban dedicados a autores neoplatónicos, y hasta el final de su vida mantuvo su lealtad a partes de la filosofía platónica. Además, siempre estuvo dispuesto a corregir o descartar doctrinas aristotélicas que consideraba falsas y a introducir partes de la verdad encontradas en otro lugar. No obstante, Alberto percibió el profundo significado de la filosofía aristotélica y se propuso interpretarla en su totalidad para sus hermanos dominicos. En el prólogo a su comentario a la *Física* de Aristóteles lo explicaba:

---

de valorarlas, véanse Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, págs. 147-162; Knowles, *Evolution of Medieval Thought*, págs. 236-248; y John Francis Quinn, *The Historical Constitution of St. Bonaventure's Philosophy*, esp. págs. 841-896. Estas obras indicarán más fuentes al lector.

20. Sobre la vida y obras de Alberto, véase James A. Weisheipl, «The Life and Works of St. Albert the Great», en Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences*, págs. 13-51; también el Apéndice I del mismo volumen, págs. 565-577.

> Nuestro propósito [...] es satisfacer en la medida que podamos a los hermanos de nuestra orden que durante muchos años nos han pedido que escribamos para ellos un libro sobre la física, en el que puedan encontrar una completa exposición de la ciencia natural, y por medio del cual también puedan llegar a entender correctamente los libros de Aristóteles.[21]

Alberto correspondió no sólo con un comentario a la *Física* sino con comentarios o paráfrasis de todos los libros disponibles de Aristóteles, una producción que ocupa doce gruesos volúmenes (más de 8.000 páginas) en la edición del siglo XIX de las obras de Alberto. En estos comentarios hay largas digresiones, en las que Alberto presenta los resultados de sus propias investigaciones y reflexiones. Nadie antes de Alberto había prestado tan concienzuda atención al corpus aristotélico, y pocos lo han hecho desde entonces.

Su propósito al hacerlo así era mostrar y hacer disponible el poder explicativo de la filosofía aristotélica, que consideraba como la preparación necesaria para los estudios teológicos. No tenía la intención de liberar a la filosofía de su estatus de sierva, pero pretendió darle responsabilidades sustancialmente mayores. Entre los contemporáneos de Alberto, sólo Roger Bacon tuvo tan grandiosa visión de la importancia del nuevo saber para la práctica de la teología. Pero, aparte de sus lecturas juveniles sobre Aristóteles en París, Bacon dedicó lo mejor de sus esfuerzos a las ciencias matemáticas (especialmente a la óptica), mientras que Alberto se embarcó en el trabajo de dominar e interpretar el corpus aristotélico. Los historiadores han tendido a honrar a aquellos que *rompieron* con la tradición aristotélica. Alberto merece nuestra atención y respeto como el hombre que puso al cristianismo occidental en contacto con la tradición aristotélica.

Al mismo tiempo, Alberto reconoció su obligación de complementar el texto aristotélico en los temas que Aristóteles había descuidado o explorado superficialmente, y de corregir a Aristóteles dondequiera que erraba. Aunque poderosamente impresionado por el logro de Aristóteles, Alberto jamás tuvo la tentación de convertirse en su esclavo. Con este fin,

21. Citado por Benedict M. Ashley, «St. Albert and the Nature of Natural Science», en Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences*, pág. 78. Sobre el pensamiento de Alberto, véanse los ensayos contenidos en este volumen; también Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, págs. 167-181; y Francis J. Kovach y Rober W. Shahan (comps.), *Albert the Great: Commemorative Essays*.

Alberto leyó todo lo que pudo caer en sus manos al respecto. Se apoyó mucho en Avicena. Conoció las obras de Platón, Euclides, Galeno (hasta un cierto punto), al-Kindī, Averroes, Constantino el Africano y un gran número de otros autores griegos, árabes y latinos. Y utilizó estas otras fuentes para afrontar, donde eran relevantes, los problemas con los que se enfrentaba cuando interpretaba el texto aristotélico.[22]

Alberto también fue considerablemente perspicaz en sus propias observaciones de las plantas y de la vida animal. Por ejemplo, corrigió a Avicena respecto al apareamiento de las perdices basándose en la observación personal e informó de que había visitado un nido de águilas seis años seguidos. Y quizá fue el mejor botánico de campo de toda la Edad Media.[23] Su energía intelectual era ilimitada, y sus escritos no teológicos (menos de la mitad del total) incluían obras sobre física, astronomía, astrología, alquimia, mineralogía, fisiología, psicología, medicina, historia natural, lógica y matemáticas. La autoridad con la que podía afrontar cualquier tema explica por qué, ya en vida, Alberto era denominado «magno». También ayuda a explicar por qué Roger Bacon (que era intolerante con los rivales intelectuales) le juzgara con tanta hostilidad.

¿Qué tenía que decir Alberto acerca de las delicadas doctrinas aristotélicas que habían llevado a prohibir a Aristóteles a principios de siglo y que todavía desafiaban la aceptación de sus obras? Sobre el grave problema de la eternidad del mundo, Alberto jamás dudó en su compromiso con la doctrina cristiana de la creación. Su primer punto de vista fue que la filosofía es incapaz de afrontar esta cuestión de modo definitivo, por lo que la obligación de uno es aceptar simplemente la enseñanza de la revelación. Después llegó a convencerse de que la idea de un universo eterno es filosóficamente absurda, de modo que la filosofía podía determinar el tema sin ayuda de la teología. En ninguno de los dos casos, la filosofía (debidamente practicada) y la teología entraban en conflicto.

Alberto dedicó mucha más atención a la naturaleza del alma humana y sus facultades. La trampa estaba en explicar el alma como una sustancia inmortal separada, independiente del cuerpo y capaz de sobrevivir a la muerte de éste, y a la vez explicar la unificación del alma con el cuerpo,

22. Sobre las fuentes de Alberto, véanse los distintos ensayos en Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences*.

23. Karen Reeds, «Albert on the Natural Philosophy of Plant Live», en Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences*, pág. 343. Sobre Alberto como observador de la flora, fauna y minerales véanse los excelentes ensayos en dicho volumen.

como un agente de percepción y vitalidad. Alberto no pudo hallar un modo de defender la inmortalidad del alma sin negar la afirmación de Aristóteles de que el alma es la forma del cuerpo. En su lugar, sostuvo la opinión de Platón y Avicena de que el alma es una sustancia espiritual e inmortal, separable del cuerpo. Sin embargo, no era necesario repudiar a Aristóteles totalmente; Alberto afirmó que aunque el alma no es realmente la forma del cuerpo, cumple la función de la forma.[24]

Finalmente, ¿cómo respondía Alberto al «racionalismo» de la filosofía aristotélica, es decir, al compromiso con la aplicación del método filosófico a todas las áreas de la actividad humana? Al imponerse a sí mismo la tarea de mostrar a sus colegas cómo mirar el mundo a través de los ojos aristotélicos, Alberto se comprometió con una forma bastante fuerte del programa racionalista. Se propuso distinguir entre la filosofía y la teología sobre bases metodológicas y averiguar lo que la filosofía sola, sin ayuda de la teología, podía demostrar sobre la realidad. Además, Alberto no hizo nada para disminuir u ocultar las tendencias racionalistas de la tradición aristotélica. Aceptaba (como cualquier otro pensador medieval) que en última instancia Dios es la causa de todo, pero afirmaba que Dios normalmente trabaja mediante las causas naturales y que la obligación del filósofo natural era tomar estas últimas como su límite. Lo destacable es la voluntad de Alberto de adherirse a esta prescripción metodológica incluso en su discusión de un milagro bíblico: el diluvio de Noé. Observando que había personas que querían reducir la discusión de los diluvios (incluyendo el de Noé) a una afirmación de la voluntad divina, Alberto señaló que Dios emplea causas naturales para llevar a cabo sus propósitos. Y que la tarea del filósofo no es investigar las causas de la voluntad de Dios, sino investigar las causas naturales mediante las cuales la voluntad de Dios produce su efecto. Introducir la causalidad divina en una discusión filosófica sobre el diluvio de Noé habría sido una violación de los límites adecuados entre la filosofía natural y la teología.[25]

24. La teoría del alma de Alberto es estudiada por Anton C. Pegis, *St. Thomas and the Problem of the Soul in the Thirteenth Century*, cap. 3; y por Katharine Park, «Albert's Influence on Medieval Psychology». Para los puntos de vista de Alberto sobre la eternidad del mundo, véase la introducción a Tomás de Aquino, Siger de Brabante y Buenaventura, *On the Eternity of the World*, trad. de Cyril Vollert y otros, pág. 13.

25. Sobre el programa naturalista de Alberto y la cuestión del diluvio de Noé, véanse Alberto, *De causis proprietatibus elementorum*, I.2.9, en Albert Magno, *Opera omnia*, Augustus Borgnet (comp.), 38 vols. (París, Vivès, 1890-1899), 9, págs. 618-619. Véase también Lynn Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, 2, pág. 535.

El programa de Alberto de asimilación y difusión de la filosofía aristotélica, respetando a la vez su utilidad para la teología y la religión, fue continuado por su pupilo Tomás de Aquino (ca. 1224-1274). Tomás, que por nacimiento pertenecía a la baja nobleza del sur de Italia, recibió su educación básica en la antigua abadía benedictina de Monte Cassino (fundada por Benito de Nursia en el siglo VI), y continuó sus estudios en la facultad de artes en la universidad de Nápoles, donde fue iniciado en la filosofía aristotélica. Tras entrar en la orden dominica, Tomás fue enviado a París, donde consiguió el doctorado en teología en 1256. Dedicó el resto de su vida a la enseñanza y a escribir, incluidos dos periodos enseñando teología en París, 1257-1259 y 1269-1272.

Como Alberto, Tomás esperaba resolver el problema de la fe y la razón definiendo la relación apropiada entre el saber pagano y la teología cristiana.[26] Contra los que rechazaban la filosofía como contraria a la fe, afirmaba lo siguiente:

> Incluso aunque la luz natural de la mente humana [es decir, la filosofía] sea inadecuada para hacer conocer lo que es revelado por la fe, sin embargo lo que nos es divinamente enseñado por la fe no puede ser contrario a aquello de lo que estamos dotados por naturaleza. Una cosa u otra tendría que ser falsa, y dado que disponemos de ambas por Dios, Él sería la causa de nuestro error, lo cual es imposible.[27]

La filosofía aristotélica y la teología cristiana, aunque metodológicamente distintas, son vías compatibles hacia la verdad. La filosofía emplea

26. La literatura sobre Tomás de Aquino es enorme. Sobre su vida, véase James A. Weisheipl, *Friar Thomas d'Aquino: His Life, Thought and Works*. Útiles resúmenes de los logros de su investigación (aquí presentados en orden de extensión creciente) son: Knowles, *Evolution of Medieval Thought*, cap. 21; Ralph McInerny, *St. Thomas Aquinas*; M.-D. Chenu, *Toward Understanding St. Thomas*; y Etienne Gilson, *The Christian Philosophy of St. Thomas Aquinas*. La mayoría de los estudios de la filosofía de Tomás (incluidos todos los que acabo de citar) han sido escritos por tomistas de hoy, comprometidos con la filosofía de Tomás y no reticentes a alabar sus virtudes. Por ello estas obras quedan deslucidas por una tendencia a ver a Tomás (debido a que estaba en lo «cierto») como la gloriosa culminación del pensamiento medieval. Para una breve exposición que trata de captar lo esencial de los logros de Tomás a la vez que evita juicios de valor, véase Julius Weinberg, *A Short History of Medieval Philosophy*, cap. 9.

27. Tomás de Aquino, *Faith, Reason and Theology: Question I-IV of His Commentary on the De Trinitate of Boethius*, trad. de Armand Maurer, pág. 49. Las dos primeras de estas cuatro cuestiones están dedicadas a la legitimidad de emplear la filosofía en las materias de fe.

las facultades humanas naturales de los sentidos y la razón para llegar a tantas verdades como sea posible. La teología nos da acceso a verdades dadas por revelación que van más allá de nuestras capacidades naturales para descubrir y entender. Las dos vías a veces pueden llevar a diferentes verdades, pero nunca llevan a verdades contradictorias.

¿Significa esto que la filosofía y la teología son iguales? Sin duda, no. Tomás señala que la teología es a la filosofía como lo completo a lo incompleto, lo perfecto a lo imperfecto. Si esto es así, ¿por qué tomarse la molestia de hacer filosofía? Debido a que ésta presta servicios vitales a la fe. En primer lugar, puede demostrar lo que Tomás llama «los preámbulos de la fe»: ciertas proposiciones, tales como la existencia de Dios y su unidad, que la fe da por sentadas como su punto de partida. Segundo, la filosofía puede elucidar las verdades de la fe mediante el uso de analogías sacadas del mundo natural. Tomás se refiere a la doctrina de la trinidad como un caso concreto. Y tercero, la filosofía puede refutar las objeciones a la fe.[28]

Esto puede parecer una simple reafirmación de la fórmula agustiniana de la filosofía como sierva, pero de hecho Tomás ha alterado sutilmente aunque de modo significativo su contenido. La «sierva» llamada filosofía todavía está subordinada a la actividad teológica, y por ello todavía es una sierva. Pero, desde el punto de vista de Tomás, ha demostrado ampliamente su utilidad y su fiabilidad, y por tanto le ofrece mayores responsabilidades y un elevado estatus. Tomás también cree que hará mejor su trabajo si se la exonera de una supervisión teológica demasiado estrecha. La filosofía y la teología tienen sus respectivas áreas de competencia, afirma, y puede confiarse en cada una de ellas dentro de su propia esfera. Si deseamos conocer los detalles o causas del movimiento planetario, por ejemplo, debemos acudir a los filósofos. Por otra parte, si queremos entender los atributos divinos o el plan de la salvación, debemos estar dispuestos a entrar en el recinto de la teología. En Tomás hay un respeto por la actividad filosófica, y una decisión de emplearla dondequiera que sea posible, que le lleva más allá de la posición agustiniana y le sitúa en la vanguardia del ala liberal o progresiva de los teólogos de la segunda mitad del siglo XIII.

A pesar de las diferencias metodológicas entre la filosofía y la teología, hay regiones en las que se solapan. Por ejemplo, la existencia del Creador es conocida por la razón y por la revelación. Puede ser probada

28. *Ibid.*, pág. 48-49.

por el filósofo, pero también nos viene determinada por las Escrituras, y explicada por el teólogo. ¿Qué reglas rigen las relaciones entre la teología y la filosofía en tales casos? El principio fundamental es que no puede haber verdadero conflicto entre la teología y la filosofía, puesto que tanto la revelación como nuestras capacidades racionales son dones divinos. Por tanto, cualquier conflicto debe ser más aparente que real, el resultado de la mala filosofía o mala teología. El remedio en tales casos es reconsiderar el argumento filosófico y el teológico.

¿Cómo funciona esta prescripción en la práctica de Tomás? En concreto, ¿hasta qué punto se aplicaba con éxito a las molestas doctrinas aristotélicas enumeradas en la sección anterior de este capítulo? Dicho brevemente, la respuesta es que Tomás se enfrentaba a todos los problemas planteados por la filosofía aristotélica, y lo hacía con extraordinario rigor. Afrontó directamente las controversias aristotélicas en dos libros: *Acerca de la eternidad del mundo* y *Acerca de la unidad del intelecto, contra los averroístas* (relacionados con el monopsiquismo y la naturaleza del alma). Su posición sobre la eternidad del mundo era que conocemos, gracias a la revelación, que el mundo fue creado en un punto del tiempo, pero que la filosofía no puede determinar la cuestión en un sentido u otro. Aquellos que (como Buenaventura) afirmaban que la eternidad del mundo era filosóficamente absurda estaban equivocados, pues no hay contradicción en mantener que el universo es creado (esto es, dependiente para su existencia del poder creativo de Dios) y aún así que ha existido eternamente. Sobre la naturaleza del alma, Tomás estaba de acuerdo con Aristóteles en que el alma es la forma sustancial del cuerpo (lo que se combina con la materia del cuerpo para producir el ser humano individual), pero afirmaba que esta forma es una clase especial de forma, capaz de existir independientemente del cuerpo y por ello imperecedera. También afirmaba que esta solución era compatible con el propio pensamiento de Aristóteles.[29]

Ésta es, pues, la solución de Tomás al problema de la fe y la razón. Halló lugar para ambas, mezclando sutilmente la teología cristiana y la filosofía aristotélica en lo que podemos llamar «aristotelismo cristiano». En este proceso Tomás tuvo que cristianizar a Aristóteles, enfrentándose y luchando con las doctrinas aristotélicas que parecían entrar en conflic-

29. Para un excelente análisis de la posición de Tomás sobre la eternidad del mundo y la naturaleza del alma, véase Van Steenberghen, *Thomas Aquinas and Radical Aristotelianism*, caps. 1-2.

to con las enseñanzas de la revelación y corrigiendo a Aristóteles donde había caído en el error. Al mismo tiempo, «aristotelizaba» el cristianismo, importando grandes porciones de la metafísica y la filosofía natural aristotélicas a la teología cristiana. A largo plazo (en el siglo XIX), el tomismo llegó a representar la posición oficial de la Iglesia católica. A corto plazo, como veremos, Tomás fue considerado por los teólogos de convicciones más conservadoras como un radical peligroso.

El aristotelismo radical y las condenas de 1270 y 1277

Alberto Magno y Tomás de Aquino fueron los líderes de un movimiento liberal que estaba a favor de una filosofía robusta. Pero, desde su punto de vista, por muy robusta que llegara a ser la filosofía siempre habría de seguir siendo una sierva. Jamás se permitiría que la razón prevaleciera sobre la revelación. Alberto y Tomás impulsaron la filosofía tan lejos como podía ir, pero nunca renunciaron a un problema filosófico hasta que la razón y la fe habían sido armonizados.

¿Pero cuán robusta puede ser una sierva antes de que empiece a pensar en la insubordinación o la insurrección?[30] ¿Cuando los milagros bíblicos son reducidos a sus causas naturales, como en la discusión de Alberto del diluvio de Noé, no están ya las cosas fuera de control? Éstas eran las preocupaciones de los teólogos conservadores, que observaban los desarrollos que tenían lugar en París. Y, tal como resultaron las cosas, sus miedos no dejaban de tener fundamento. Nuestros datos son fragmentarios, pero está claro que mientras Alberto y Tomás estaban armonizando filosofía y teología, algunos maestros en artes empezaron a enseñar peligrosas doctrinas filosóficas, sin preocuparse por sus consecuencias teológicas. Se trataba de filósofos comprometidos, que practicaban su oficio agresivamente y no reconocían necesidad alguna de ceder ante, o incluso prestar atención a, ninguna autoridad externa. La armonización de la filosofía y la teología no era su problema.

El más conocido miembro de esta facción radical, y su jefe, fue Siger de Brabante (ca. 1240-1284). Siger, un impetuoso joven maestro en artes, empezó su carrera docente defendiendo la eternidad del mundo y el monopsiquismo averroísta, con sus peligrosas implicaciones para la inmorta-

30. Para un análisis del aristotelismo radical y sus consecuencias, véase la excelente revisión de Edward Grant, «Science and Theology in the Middle Ages».

lidad personal. Su propósito era hacer filosofía sin siquiera una mirada a la enseñanza teológica sobre cualquiera de los temas tratados, y mantenía que las conclusiones que alcanzaba eran conclusiones necesarias e inevitables de la filosofía, correctamente practicada. Tras la aparición del tratado de Tomás *Acerca de la unidad del intelecto*, que estaba específicamente dedicado a su enseñanza, Siger modificó su posición sobre la naturaleza del alma, haciéndola concordar con la enseñanza cristiana ortodoxa.[31] Más viejo y más sabio, tras su altercado con los teólogos, a partir de entonces Siger tuvo más cuidado en dejar claro que, aunque sus conclusiones filosóficas no fueran equivocadas, sino de hecho conclusiones filosóficamente necesarias, no tenían por qué ser verdaderas. Cuando se llegaba a la *verdad*, él afirmaba los artículos de la fe. Los historiadores han estado divididos acerca de si aceptar sin más esta profesión de fe, o concluir que Siger estaba meramente intentando aplacar a la estructura del poder eclesiástico. En todo caso, las peligrosas implicaciones de la posición pública de Siger son claras: la investigación filosófica correctamente desarrollada puede llevar a conclusiones que contradicen las de la teología.

La posición de los radicales está bien ilustrada en un pequeño tratado, *Acerca de la eternidad del mundo*, escrito por Boecio de Dacia (fl. 1270), un miembro del círculo de Siger. Una de las características más llamativas de esta obra es su rigurosa separación de la argumentación filosófica y la teológica. Boecio reúne sistemáticamente y después refuta los argumentos filosóficos que habían sido usados contra los aristotélicos para defender la doctrina cristiana de la creación. Procede a demostrar que el filósofo, hablando como filósofo, no tiene más alternativa que defender la eternidad del mundo. Sin embargo, dejó claro que según la teología y la fe él mismo aceptaba la doctrina de la creación, como todo cristiano debe hacerlo.

De este modo, al final Boecio cedía ante los artículos de la fe, pero en el ínterin desplegaba una orientación sumamente racionalista. Afirmaba que no había ninguna cuestión susceptible de investigación racional que

31. A juicio del más importante intérprete de Siger de Brabante, no se trataba de rendirse a la teología, sino de ser arrastrado por la fuerza de los argumentos filosóficos de Tomás para repensar y corregir su propia posición filosófica. Véanse Fernand Van Steenberghen, *Les oeuvres et la doctrine de Siger de Brabant*; *Aristotle in the West*, págs. 209-229 y *Aquinas and Radical Aristotelianism*, págs. 6-8, 35-43, 89-95. Para mí es inconcebible que la pureza filosófica de Brabante no se hubiera visto comprometida en alguna medida por la necesidad de llegar a una conclusión teológicamente ortodoxa.

el filósofo no estuviera autorizado a investigar y resolver. «Pertenece al filósofo», escribió,

> determinar cualquier cuestión que pueda ser discutida por la razón; pues toda cuestión que puede ser discutida mediante argumentos racionales cae dentro de alguna parte del ser. Pero el filósofo investiga todo el ser: natural, matemático y divino. Por tanto, pertenece al filósofo determinar toda cuestión que pueda ser discutida mediante argumentos racionales.

Boecio llegó a afirmar que el filósofo natural no puede ni siquiera considerar la posibilidad de la creación, porque hacer esto introduciría principios sobrenaturales que están fuera de lugar en el ámbito filosófico. De modo similar, el filósofo niega la resurrección de los muertos, porque conforme a las causas naturales (a las que el filósofo natural se limita) tal cosa es imposible.[32]

Se trata de un intento, impresionante por su rigor, de seguir la argumentación filosófica hasta su conclusión lógica, sin tomar en consideración la fe, aunque aceptando aún la autoridad última de la teología. Sin embargo, nadie debería sorprenderse de saber que la facultad de teología y las autoridades religiosas no quedaron convencidas ni complacidas, sino que consideraron a Siger, a Boecio y a su grupo como una amenaza creciente. Si la filosofía iba a llegar, de modo consistente, a conclusiones en pugna con la fe, ya no podría ser considerada como una sierva fiel. Al contrario, empezó a aparecer como una fuerza hostil y un desafío que requería una acción decidida.

Tal acción decidida llegó con dos condenas emitidas por el obispo de París, Étienne Tempier, en 1270 y 1277. La primera condenaba trece proposiciones filosóficas supuestamente enseñadas por Siger y sus colegas radicales en la facultad de artes. Habiendo sido alentada, como parece que así fue, por Buenaventura y Tomás de Aquino, esta condena representa una reacción por parte de las altas esferas de la teología a las actividades del ala radical de la facultad de artes. En 1277, la amenaza parecía mayor y más seria. En este momento estaba claro que la primera condena no había acabado con el aristotelismo radical, y los conservadores dentro de la facultad de teología se movieron con reforzado vigor para hacer frente a lo que percibían como una amenaza creciente. De hecho, entre

32. Boecio de Dacia, *On the Supreme Good, On the Eternity of the World, On Dreams*, págs. 36-67; la cita es de la pág. 47.

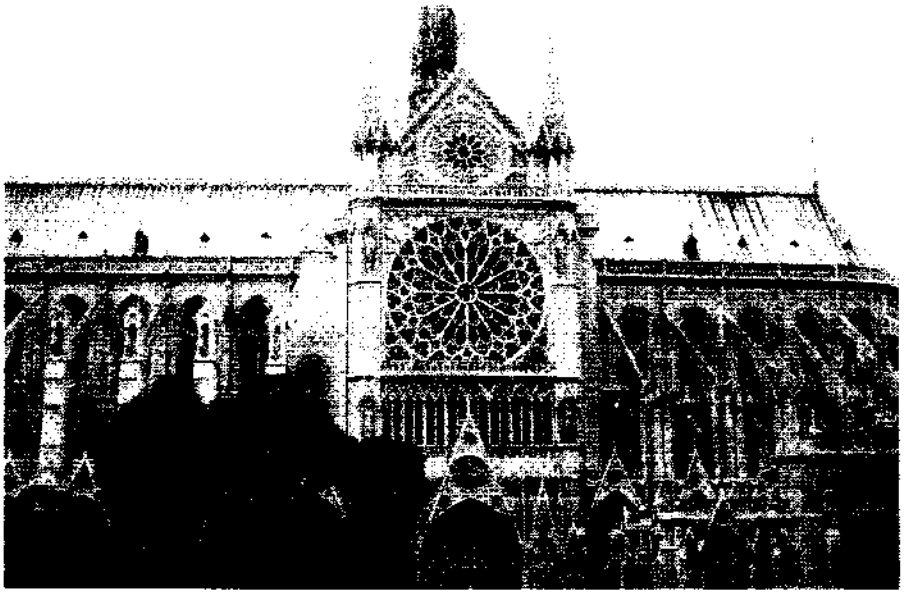


FIG. 10.5. *Catedral de Notre Dame, París, construida en los siglos XII y XIII.*

los conservadores había una tendencia a considerar como peligroso a todo aquel que fuese significativamente más liberal que ellos mismos. El resultado fue la publicación (en el tercer aniversario de la muerte de Tomás de Aquino) de una lista enormemente ampliada de proposiciones prohibidas, 219 en total, cuya enseñanza era declarada base suficiente para la excomunión. En esta lista estaban incluidas quince o veinte proposiciones sacadas de las enseñanzas del Aquinate. Detengámonos a examinar el contenido de algunas de las proposiciones condenadas y la trascendencia de la acción de Tempier.[33]

33. Para una breve exposición de las condenas, véanse Van Steenberghen, *Aristotle in the West*, cap. 9; John F. Wippel, «The Condemnations of 1270 and 1277 at Paris»; y Edwart Grant, «The Condemnation of 1277, God's Absolute Power, and Physical Thought in the Middle Ages». Para un extenso análisis de las condenas en relación con la filosofía natural, véase Pierre Duhem, *Le système du monde*, vol. 6; Roland Hissette, *Enquête sur les 219 articles condamnées à Paris le 7 mars 1277*. Para una traducción del decreto de 1277, y las proposiciones condenadas, véase Ralph Lerner y Muhsin Mahdi (comps.), *Medieval Political Philosophy: A Sourcebook* (Nueva York, Free Press of Glencoe, 1963), págs. 335-354; una selección de proposiciones relativas a la filosofía natural aparece, con introducción y comentario, en Edward Grant (comp.), *A Source Book in Medieval Science*, págs. 45-50.

Los elementos claramente peligrosos de la filosofía aristotélica están todos representados en las dos listas de proposiciones prohibidas de Tempier: la eternidad del mundo, el monopsiquismo, la negación de la inmortalidad personal, el determinismo, la negación de la divina providencia y la negación del libre albedrío. Las tendencias racionalistas de Siger y los radicales también están explícitamente señaladas. Por ejemplo, después de 1277, está prohibido proclamar el derecho de los filósofos a resolver todas las disputas sobre temas a los que son aplicables los métodos racionales; o mantener que la confianza en la autoridad nunca proporciona certeza. El naturalismo de la tradición aristotélica también figura de un modo destacado en la condena de 1277. Tempier condenó la opinión de que las causas secundarias son autónomas, de modo que continuarían actuando incluso si la primera causa (Dios) dejara de participar; así como la afirmación de que Dios no habría podido crear un hombre (una obvia referencia a Adán) excepto a través de la intervención de otro hombre; y el principio metodológico de que los filósofos naturales, debido a que restringen su atención a las causas naturales, están autorizados a negar la creación del mundo.

Éste es el tipo de lista de proposiciones condenadas que era de esperar. Pero, además, la condena de 1277 incluyó un heterogéneo surtido de otras proposiciones que afecta de distintos modos a la filosofía natural. Se condenaban varias proposiciones astrológicas: que los cielos influyen sobre el alma tanto como sobre el cuerpo y que los acontecimientos se repetirán a los 36.000 años, cuando los cuerpos celestes vuelvan a su presente configuración. También prohibía la afirmación de que las esferas celestes son movidas por almas. Un conjunto particularmente importante de proposiciones condenadas —importante debido a sus implicaciones en los debates del siglo XIV— trataba de las cosas que Dios supuestamente no puede hacer, porque la filosofía aristotélica ha demostrado su imposibilidad. Al parecer, los filósofos estaban afirmando que Dios no podía haber creado más universos (Aristóteles había afirmado que es imposible que existan múltiples universos); que Dios no podía mover los cielos más remotos de este universo en línea recta (debido a que detrás, en el espacio dejado, quedaría un vacío, que la filosofía aristotélica excluía);[34] y que Dios no podía crear un accidente sin

34. Hay al menos dos interpretaciones posibles de este movimiento rectilíneo, del que los aristotélicos radicales negaban que Dios tuviera la capacidad de conferir al cielo: a) un movimiento de traslación, que movería el cielo como un todo con su contenido (es

un sujeto (por ejemplo, la rojez sin algo que sea rojo). Todas estas proposiciones fueron condenadas en 1277 sobre la base de que desafiaban la libertad y omnipotencia divinas. La posición de Tempier, o la de aquellos que redactaron la lista de proposiciones en su nombre, era que a Aristóteles y a los filósofos no se les debía permitir ponerle un techo a la libertad de Dios o a su poder para actuar. Dios puede hacer todo lo que no implique contradicción lógica, incluido crear múltiples universos o accidentes sin sujetos.

¿Qué podemos deducir de estos acontecimientos? Las condenas han sido muy discutidas y su influencia a menudo se ha hinchado o malentendido. Pierre Duhem, en textos de principios de siglo, consideró las condenas de 1277 como un ataque contra el aristotelismo consolidado, especialmente la física aristotélica, y por ello como el acta de nacimiento de la ciencia moderna. Es una interpretación ingeniosa, y no es del todo errónea. Es indudable (como veremos más adelante) que las condenas estimularon a los estudiosos a explorar alternativas físicas y cosmológicas no aristotélicas.[35] Pero poner el énfasis ahí equivale a no comprender el significado fundamental de las condenas. Duhem las consideró como el acontecimiento clave en la destrucción de la ortodoxia aristotélica, pero en 1277 tal ortodoxia no existía. Las fronteras y la relación de poder entre la filosofía aristotélica y la teología cristiana todavía se estaban negociando, y el grado en el que el aristotelismo había alcanzado el estatus de ortodoxia todavía no estaba claro.

---

decir, al cosmos entero) en una dirección u otra; y b) un descenso rectilíneo del cielo, o de una porción del cielo, hacia el centro del cosmos. La primera interpretación era efectivamente corriente a mitad del siglo XIV, cuando la presentó Buridán en su comentario a la *Física* de Aristóteles; debido a la influencia de Pierre Duhem ha llegado a ser estándar. Recientemente, Hissette ha mostrado que la otra interpretación era probablemente lo que tenían en mente los que elaboraron este artículo. Afortunadamente, para nuestros propósitos no importa cuál de las dos interpretaciones fue la defendida por un protagonista histórico u otro, puesto que el punto esencial es el mismo en ambos casos, es decir, que Dios no puede causar movimientos rectilíneos que amenacen con dejar un vacío en su estela. Véanse Pierre Duhem, *Études sur Léonard de Vinci*, 2, pág. 412; Anneliese Mayer, *Zwischen Philosophie und Mechanik*, págs. 122-124; Edward Grant, «The Condemnations of 1277, God's Absolute Power, and Physical Thought in the Middle Ages», págs. 226-231; e Hissette, *Enquête sur les 219 articles*, págs. 118-120.

35. Duhem, *Études sur Léonard de Vinci*, 2, pág. 412; Duhem, *Le système du monde*, vol. 6, pág. 66. Para la pervivencia de la afirmación de Duhem, matizada y debilitada, pero todavía reconocible, véanse Edward Grant, «Late Medieval Thought, Copernicus, and the Scientific Revolution»; y «Condemnation of 1277».

O para decirlo con otras palabras, las condenas son importantes no tanto por el efecto que tuvieron sobre el curso futuro de la filosofía natural como por lo que nos dicen sobre lo que ya había ocurrido. Produciéndose al final de casi un siglo de lucha respecto al nuevo saber, las condenas representan una reacción conservadora contra los esfuerzos liberales y radicales para extender el alcance y asegurar la autonomía de la filosofía, especialmente de la filosofía aristotélica. Ponen de manifiesto la extensión de este alcance y el poder de la oposición, el hecho de que un considerable e influyente grupo de tradicionalistas aún no estaba dispuesto a aceptar el mundo feliz propuesto por los aristotélicos liberales y, especialmente, por los radicales. Así pues, para poner el suceso en su lugar, las condenas no representan una victoria para la ciencia moderna sino para la teología conservadora del siglo XIII. Las condenas fueron una enérgica declaración de la subordinación de la filosofía a la teología.

También fueron un ataque al determinismo aristotélico y una declaración de la libertad y omnipotencia divinas. Hemos señalado que algunas de las proposiciones condenadas en 1277 trataban sobre cosas que Dios no podía hacer, por ejemplo, dotar a los cielos de un movimiento rectilíneo (apoyándose en que de este modo, en el espacio dejado libre, se crearía un vacío, que la filosofía de Aristóteles hace imposible). Al condenar esta proposición, Tempier sin duda no quería entablar un debate con Aristóteles sobre un punto de filosofía natural, sino anunciar que cualquiera que pueda ser el estado natural de las cosas (y podemos suponer que aceptaba la explicación de Aristóteles al respecto), Dios tenía poder para intervenir, siempre que lo deseara. Un vacío no puede existir naturalmente, pero sin duda puede existir sobrenaturalmente; no puede existir en este universo, pero un Dios libre y omnipotente podría haber creado un universo diferente.[36] Aristóteles había intentado describir el mundo no simplemente como es, sino como debe ser. En 1277, Tempier declaraba, en oposición a Aristóteles, que el mundo es como su omnipotente creador elija hacerlo.[37]

¿Cuáles eran las implicaciones de estos puntos teológicos para la práctica de la filosofía natural? En primer lugar, algunos artículos de las

36. Sobre la cuestión del espacio vacío, véase Edward Grant, *Much Ado about Nothing: Theories of Space and Vacuum from the Middle Ages to the Scientific Revolution*; también Grant, «Condemnation of 1277», págs. 232-234.

37. Para un excelente análisis histórico de la cuestión de la omnipotencia divina, véase Francis Oakley, *Omnipotence, Covenant and Order*.

condenas planteaban nuevas y apremiantes cuestiones, que requerían un análisis adicional. Por ejemplo, la afirmación de que Dios, sobrenaturalmente, podía crear accidentes sin sujetos (importante a causa de que violaba la doctrina de la transustanciación)[38] provocó un serio debate acerca de un punto fundamental de la metafísica aristotélica: la naturaleza y relaciones de los accidentes y sus sujetos. El artículo antiastrológico que condenaba la idea de que la historia se repetiría cada 36.000 años, cuando los cuerpos planetarios volviesen a su configuración inicial, provocó que Nicolás de Oresme (ca. 1320-1382) escribiera todo un tratado matemático en el que exploraba las cuestiones de la conmensurabilidad e inconmensurabilidad y demostraba la improbabilidad de que los cuerpos planetarios volvieran a su configuración original dentro de un periodo finito de tiempo. Los artículos sobre los motores celestes provocaron animados debates sobre este importante aspecto del funcionamiento cósmico. Y los artículos que recalcaban el ilimitado poder creativo de Dios dieron pábulo a toda clase de especulaciones sobre mundos posibles y situaciones imaginarias que, evidentemente, Dios tenía el poder de crear. Esto llevó a una avalancha de filosofía natural especulativa o hipotética en el siglo XIV, a lo largo del cual los principios de la filosofía natural aristotélica fueron clarificados, criticados o rechazados.[39]

En segundo lugar, muchos de los artículos de las condenas estaban motivados por la preocupación por el elemento de necesidad que Aristóteles había incluido en su filosofía natural: la afirmación de que las cosas no pueden ser más que como son. Cuando la necesidad aristotélica se veía obligada a ceder ante las afirmaciones de la omnipotencia divina, inmediatamente otros principios aristotélicos resultaban vulnerables. Por ejemplo, la mera posibilidad de que Dios pudiera crear otros universos fuera del nuestro requiere una concepción del espacio fuera de nuestro universo compatible con esta posibilidad. Consecuentemente, a raíz de las condenas, muchos estudiosos llegaron a aceptar que fuera del cosmos puede existir un espacio vacío, quizás incluso un espacio vacío infinito, apto para acoger estos universos posibles. Asimismo, si es sobrenaturalmente posible que el cielo más remoto o quizás el cosmos entero pueda ser movido en línea recta, se sigue que el movimiento debe ser el tipo de

38. La transustanciación es el proceso por el que, según la doctrina católica, el pan y el vino eucarísticos se transforman en el cuerpo y la sangre de Cristo.

39. Véanse Grant, «Science and Theology in the Middle Ages», págs. 54-70; y Grant, *Nicole Oresme and the Kinematics of the Cricular Motion*.

cosa que puede ser coherentemente aplicado al cielo más remoto o al cosmos como un todo. Pero Aristóteles había definido el movimiento en términos de los cuerpos circundantes, y fuera del cielo más remoto no hay nada que lo circunde. Es evidente, por tanto, que la definición del movimiento de Aristóteles requiere revisión o corrección.[40]

Las relaciones entre la filosofía y la teología después de 1277

Las condenas son importantes como hitos en la gradual asimilación de la filosofía aristotélica por el cristianismo medieval. Ponen de manifiesto la fuerza del sentimiento conservador en los años 1270 y señalan una victoria conservadora provisional. Pero conviene que nos detengamos y consideremos de modo preciso lo que se había ganado.

En primer lugar, incluso los más conservadores entre aquellos que estaban involucrados en la promulgación de las condenas no perseguían la eliminación de la filosofía aristotélica. Su propósito era meramente el de administrar una saludable dosis de disciplina, que hiciera que la filosofía recordara indeleblemente su estatus de sierva, y al mismo tiempo resolver algunos puntos en disputa. Segundo, aunque estrictamente hablando fue una victoria local (puesto que el decreto de Tempier sólo era formalmente obligatorio en París), de hecho su influencia fue sustantivamente más amplia. Por una parte, París era la primera universidad europea en los estudios teológicos (la única del continente en esos momentos), y un decreto como éste inevitablemente tendría repercusiones en todo el cristianismo. Por otra, se sabía que el Papa estaba enterado de los acontecimientos parisinos, preocupado por los peligros del aristotelismo radical, y posiblemente deseoso de intervenir en favor de los conservadores. Además, once días después de que Tempier publicara su decreto de 1277, el arzobispo de Canterbury, Robert Kilwardby, hizo pública una condena más reducida, pero en muchos aspectos similar, aplicable a toda Inglaterra. Y, en 1284, el decreto de Kilwardby fue renovado por su sucesor como arzobispo de Canterbury, el franciscano John Pecham, un viejo adversario del Aquinate y uno de los cabecillas de los tradicionalistas.

No conocemos con exactitud el impacto de las condenas a finales del siglo XIII y principios del XIV. Podemos suponer que su poder para impo-

40. Para el impacto de las condenas sobre la filosofía natural, véase *ibid.*, «Condemnation of 1277».

ner obediencia y configurar el pensamiento filosófico varió mucho. En 1323, la reputación de Tomás de Aquino se había recuperado hasta el punto de que el papa Juan XXII pudo elevarle a la santidad; y en 1325, el obispo de París revocó todos los artículos de la condena de 1277 aplicables a las enseñanzas de Tomás. No obstante, todavía podemos detectar la sombra de las condenas un siglo después de su promulgación. Juan Buridán, un maestro parisino en artes dos veces rector de la universidad, que floreció hacia mediados del siglo XIV, fue uno de los muchos que continuaron bregando con las dificultades planteadas por las condenas. Efectivamente, en varias ocasiones Buridán mostró una clara conciencia de la amenaza de la censura teológica (particularmente aguda en los maestros en artes) cuando sus labores escolares le llevaban al territorio de la teología. En sus *Cuestiones acerca de la filosofía de Aristóteles*, donde halla necesario comentar los motores de las esferas celestes, concluyó declarando su voluntad de someterse a la autoridad teológica: «No digo esto asertivamente sino [tentativamente], de modo que yo solicitaría de los maestros de teología lo que puedan enseñarme en estas materias». Y en 1377, todo un siglo después de la condena, el distinguido teólogo parisino Nicolás Oresme defendía su opinión de que el cosmos está circundado por un espacio vacío infinito, advirtiendo a sus críticos que «decir lo contrario es mantener un artículo condenado en París».[41]

Mientras tanto, la filosofía aristotélica se había impuesto. Se había asentado firmemente en el currículum de artes y llegó a dominar cada vez más la educación de los estudiantes. En 1341, se hizo prestar juramento a los nuevos maestros en artes de París de que enseñarían «el sistema de Aristóteles y su comentador Averroes, y de otros comentadores antiguos y expositores del mencionado Aristóteles, excepto en aquellos casos en los que son contrarios a la fe». Al mismo tiempo, la filosofía aristotélica se estaba convirtiendo en una herramienta indispensable para los profesionales de las disciplinas avanzadas de medicina, derecho y teología, y de modo creciente sirvió como fundamento del esfuerzo intelectual serio en cualquier tema.[42]

41. William A. Wallace, «Thomism and Its Opponents», *Dictionary of the Middle Ages*, 12, págs. 38-45; Knowles, *Evolution of Medieval Thought*, cap. 24; Grant, «Condemnation of 1277». Los pasajes citados provienen, respectivamente, de Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, pág. 536 (con pequeñas modificaciones); y Nicolás Oresme, *Le livre du ciel et du monde*, comp. y trad. de A. D. Menut y A. J. Denomy, pág. 369.

42. Sobre el aristotelismo medieval y renacentista, véanse John Hermann Randall, Jr., *The School of Padua and the Emergence of Modern Science*; y Charles B. Schmitt, *Aris-*

Sin embargo, de esto no se sigue que se hubiera hallado una solución duradera al problema de la fe y la razón. No ha habido un análisis histórico adecuado de los desarrollos del siglo XIV, y en este momento no es posible trazar siquiera un esbozo adecuado. Sin embargo, se pueden hacer unas pocas y modestas generalizaciones.

Primero, hubo un rápido crecimiento de la sofisticación epistemológica y un fuerte retroceso de las ambiciosas pretensiones que se hacían en favor de la filosofía (por parte de los liberales y aristotélicos radicales) en el siglo XIII. La capacidad de la filosofía para estar a la altura de los estándares aristotélicos tradicionales de certeza o de afrontar con éxito algunas materias fue crecientemente puesta en cuestión, a medida que las tendencias escépticas se fueron afirmando. En particular, la capacidad de la filosofía para afrontar las doctrinas teológicas fue drásticamente recortada. Por ejemplo, John Duns Scoto (ca. 1266-1308) y Guillermo de Occam (ca. 1285-1347), aunque no buscaban una total separación entre filosofía y teología, disminuyeron su área de solapamiento cuestionando la capacidad de la filosofía para afrontar los artículos de la fe con certeza demostrativa. Privada de su capacidad de alcanzar la certeza, la filosofía ya no constituía una amenaza para la teología, al menos en el mismo grado; los artículos de la fe ya no estaban abiertos a la demostración filosófica, sino que debían ser aceptados sólo por la fe. En resumen, se selló una paz práctica obligando a la filosofía y a la teología a separarse, a aceptar sus diferencias metodológicas y, sobre esta base, a aceptar las diferentes esferas de influencia. En el caso de la filosofía natural, esto significó claramente una esfera menor.[43]

Segundo, en el siglo XIV, los teólogos y filósofos naturales se preocuparon cada vez más por el tema de la divina omnipotencia, un tema tradicional dentro de la teología cristiana, pero cuya importancia había sido subrayada de nuevo por las condenas. Si Dios es absolutamente libre y omnipotente, se sigue que el mundo físico es contingente en lugar de necesario. Es decir, no hay necesidad de que deba ser lo que es, porque en cuanto a su forma, su modo de operar y su existencia, sólo es dependien-

---

totle and the Renaissance. Para la cita (traducción inglesa y texto latino), véase William J. Courtenay y Katherine H. Tachau, «Ockham, Ockhamists, and the English-German Nation at Paris, 1339-1341», págs. 61, 86.

43. Sobre las discusiones epistemológicas de finales del siglo XIII y del siglo XIV, véanse Marilyn McCord Adams, *William Ockham*, 1, págs. 551-629; y Eileen Serene, «Demonstrative Science», en Norman Kretzman, Anthony Kenny y Jan Pinborg (comps.), *The Cambridge History of Later Medieval Philosophy*, págs. 496-517. Sobre Occam, véase también William J. Courtenay, «Ockham, William of», *Dictionary of the Middle Ages*, 9, págs. 209-214.

te de la voluntad divina. El orden observado de causa y efecto no es necesario, sino libremente impuesto por la voluntad divina. Por ejemplo, una llama tiene el poder de calentar no porque la llama y el calor estén necesariamente conectados, sino porque Dios eligió conectarlos, dotando al fuego con este poder y eligiendo continuamente concurrir de modo que realice su función calentadora. Sin embargo, Dios es libre de introducir excepciones: cuando Sidraj, Misaj y Abed-Mego fueron arrojados al horno ardiente sin sufrir daño, como cuenta el libro de Daniel (capítulo 3), este milagro representó una decisión perfectamente lícita por parte de Dios de suspender el orden usual.[44]

Todo esto es ampliamente aceptado por los historiadores, pero a partir de ahí se han desarrollado dos líneas argumentales. Según una de ellas, si la naturaleza no tiene sus propios poderes permanentemente asignados, sino que debe su conducta en cada momento a la (posiblemente caprichosa) voluntad divina, la idea de un orden natural fijo queda gravemente en entredicho, y la filosofía natural seria se vuelve imposible. Según la otra, la aceptación de que Dios podría haber creado cualquier mundo que Él deseara, llevó a los filósofos naturales del siglo XIV a entender que el único modo de descubrir cuál creó consiste en ir y mirar, es decir, desarrollar una filosofía natural empírica, que ayudó a introducir la ciencia moderna. Ambos argumentos requieren un breve comentario.

El primero, que ve la doctrina de la divina omnipotencia como una influencia destructiva en la filosofía natural, exagera el nivel de la divina interferencia imaginado por los filósofos medievales (ninguno de ellos creía que Dios se entrometiera frecuente y arbitrariamente en el universo creado). Una fórmula que se invocaba usualmente distinguía entre el poder absoluto y el poder ordenado de Dios. Cuando pensamos en el poder de Dios absolutamente o en abstracto, reconocemos que Dios es omnipotente y puede actuar como desee. En el momento de la creación, no había más factores que la ley de no contradicción que limitaran el tipo de mundo que podía crear. Pero, de hecho, reconocemos que de entre la infinidad de posibilidades abiertas ante Él, Dios eligió y creó *este* mundo.

44. Oakley, *Omnipotence, Covenant and Order*, cap. 3; William J. Courtenay, «The Critique on Natural Causality in the Mutakallimun and Nominalism». Para un análisis completo de la divina omnipotencia y sus implicaciones en la filosofía natural, véanse Courtenay, *Capacity and Volition: A History of Distinction of Absolute and Ordained Power*; y Amos Funkenstein, *Theology and the Scientific Imagination from the Middle Ages to the Seventeenth Century*, págs. 117-201.

Y, puesto que Dios es consistente, podemos confiar en que (salvo en raras excepciones)[45] se atendrá al orden así establecido, y no necesitamos preocuparnos de que Dios esté jugando con él perpetuamente. En resumen, el infinito alcance de la actividad divina asegurada por la doctrina de la omnipotencia divina (el poder absoluto de Dios), a efectos prácticos, quedaba restringido al acto de creación inicial. A partir de ahí, lo que estaba en cuestión era la actividad de Dios dentro del orden existente (su poder ordenado). Esta fórmula era atractiva precisamente a causa de que salvaguardaba la omnipotencia divina absoluta *sin* sacrificar el tipo de regularidad requerido por la filosofía natural seria.[46]

La otra línea argumental, que encuentra los orígenes de la ciencia experimental en la doctrina de la divina omnipotencia, es bastante plausible. Puede suponerse que los filósofos naturales medievales hubieran reconocido que la conducta de un mundo contingente no puede inferirse con certeza de ningún conjunto conocido de primeros principios y, por tanto, que se hubieran encaminado al desarrollo de metodologías empíricas. La única dificultad de esta conclusión es que la información histórica no parece confirmarla. La enérgica proclamación de la divina omnipotencia y de la contingencia de la naturaleza, ya sea en las condenas o en los escritos de los filósofos y teólogos, no fue acompañada o rápidamente seguida de un fuerte crecimiento en la frecuencia de la observación y el experimento. Los filósofos naturales y teólogos continuaron creyendo que el mundo y el método adecuado para explorarlo eran más o menos como Aristóteles los había descrito, aunque estuvieran dispuestos, como siempre lo habían estado, a leer a Aristóteles críticamente y a poner en cuestión este o aquel *detalle* de la filosofía natural o la metodología aristotélicas. La ciencia experimental moderna todavía estaba a siglos de distancia. Cuando finalmente surgió, indudablemente debía algo a la doctrina teológica de la omnipotencia divina, pero afirmar una simple conexión causal sería extremadamente temerario.[47] Éste es un problema que requiere más análisis; y si éste tiene que ser útil, debe responder a la sutileza y complejidad de la realidad histórica.

45. Y generalmente se afirmaba que estas excepciones se elaboraban en el momento de la creación; véase anteriormente, capítulo 9.

46. Véanse los ensayos de Courtenay, *Covenant and Causality*, esp. cap. 4: «The Dialectic of Divine Omnipotence», y cap. 5: «The Critique on Natural Causality in the Mutakallimun and Nominalism».

47. Sobre la sutil conexión entre la doctrina de la divina omnipotencia y el método experimental, véase Funkenstein, *Theology and the Scientific Imagination*, págs. 152-179.

Capítulo 11

El cosmos medieval

En los capítulos precedentes hemos examinado la recepción del nuevo saber y las luchas que acompañaron a su asimilación en los siglos XIII y XIV. En éste y en los dos siguientes, debemos emprender una revisión más sistemática de la filosofía natural que surgió de estas luchas. Para organizar este material, recorreremos nuestro camino de arriba abajo, desde los lugares más extremos del cosmos hacia la Tierra, en su centro. También emplearemos la distinción (familiar para Aristóteles y sus seguidores medievales) entre los reinos orgánico e inorgánico. En este capítulo, empezamos con la arquitectura básica del cosmos, poniendo el acento en los cielos, pero aludiendo también a la estructura de la región terrestre. En el capítulo siguiente, nos ocuparemos del comportamiento de los seres inanimados en el ámbito sublunar. Y en el siguiente, volveremos al dominio de las criaturas vivas.[1]

La estructura del cosmos

Ya hemos aludido a las cosmologías de la Edad Media inicial y del siglo XII.[2] Vimos que los escritores enciclopedistas de la Edad Media inicial transmitieron un modesto surtido de informaciones cosmológicas básí-

1. He decidido no emplear los esquemas de clasificación teórica («divisiones de las ciencias») desarrollados durante la Edad Media, por el hecho de que la literatura científica que se publica hoy no coincide nítidamente con las categorías así definidas. Sobre esos esquemas, véanse James A. Weisheipl, «Classification of the Sciences in Medieval Thought»; y Weisheipl, «The Nature, Scope, and Classification of the Sciences».

2. Caps. 7 y 9.

cas, sacado de distintas fuentes antiguas, especialmente platónicas y estoicas. Estos escritores proclamaron la esfericidad de la Tierra, discutieron su circunferencia y definieron las zonas climáticas y la división en continentes. Describieron la esfera celeste y los círculos usados en los mapas de ésta. Muchos mostraban al menos un conocimiento elemental de los movimientos del Sol, la Luna y los otros planetas. Discutieron sobre la naturaleza y tamaño del Sol y de la Luna, así como acerca de la causa de los eclipses y los distintos fenómenos meteorológicos.

Este cuadro fue enriquecido en el siglo XII por la renovada atención al contenido del *Timeo* de Platón (y al comentario de Calcidio sobre éste) y por el primer contacto con los libros griegos y árabes que se estaban traduciendo. Uno de los cambios resultantes fue un creciente énfasis (que superaba el de los primeros padres de la Iglesia) sobre la reconciliación de la cosmología platónica y el relato bíblico de la creación. Otra novedad fue el reiterado argumento por parte de autores del siglo XII de que Dios limitaba su actividad creadora al momento de la creación. Después de eso, afirmaban, las causas naturales que Él había creado dirigían el curso de las cosas. Los cosmólogos del siglo XII recalcaron el carácter unificado, orgánico del cosmos, gobernado por un alma del mundo y a la vez sometido a fuerzas astrológicas y a las relaciones macrocosmos-microcosmos. En una continuación importante del pensamiento medieval inicial, los estudiosos del siglo XII describieron un cosmos que era fundamentalmente homogéneo, compuesto de los mismos elementos de un extremo a otro: la quintaesencia o éter de Aristóteles y su radical dicotomía entre las regiones celeste y terrestre todavía no habían hecho sentir su presencia.[3]

Presenté a Thierry de Chartres en el capítulo 9 para ilustrar alguna de estas características de la cosmología del siglo XII. Otro representante de esta misma tradición, más útil para nosotros porque escribió mucho más, es Robert Grosseteste (ca. 1168-1253), una de las figuras más célebres de la ciencia medieval.[4] Grosseteste también es importante como ilustración de la continuación de las corrientes platónicas en el siglo XIII; pues aunque fue educado a finales del siglo XII, sus escritos más importantes son de la primera mitad del XIII.

3. Para un buen ejemplo de la cosmología del siglo XII, véase *The Cosmographia of Bernardus Silvestris*, trad., introducción y notas de Winthrop Wetherbee. Véase también, anteriormente, el capítulo 9. Sobre la cosmología medieval más en general, véase C. S. Lewis, *The Discarded Image*.

4. A. C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*.

Para la cosmología de Grosseteste la luz era central: el cosmos empezó a existir cuando Dios creó un punto de materia sin dimensiones y su forma, un punto de luz sin dimensiones.[5] Ese punto de luz instantáneamente se difundió en una gran esfera, llevándose consigo a la materia y dando nacimiento al cosmos corpóreo. La radiación posterior (desde el límite más remoto del cosmos hacia el centro) y la diferenciación dieron nacimiento a las esferas celestes y a los rasgos característicos de la región sublunar. En sus primeros escritos, Grosseteste parece haber aceptado la idea de un alma del mundo, una idea de la que más tarde se retractaría. El tema del macrocosmos y el microcosmos es fundamental en las obras de Grosseteste. La humanidad representa el pináculo de la actividad creadora de Dios, reflejando simultáneamente la naturaleza divina y los principios estructurales del cosmos creado. Finalmente, Grosseteste compartió la creencia de inicios de la Edad Media y del siglo XII en un cosmos homogéneo. En su cosmología, los cielos están hechos de un material más fino (específicamente, más rarificado) que las sustancias terrestres, pero la diferencia es cuantitativa más que cualitativa.[6]

La cosmología, como tantos otros temas, fue transformada por la traducción sistemática de las fuentes griegas y árabes en los siglos XII y XIII. Concretamente, la tradición aristotélica ganó protagonismo en el siglo XIII y gradualmente su concepción del cosmos sustituyó a la de Platón y a la de la Edad Media inicial. Esto no significa que Platón y Aristóteles estuvieran en desacuerdo en todas las cuestiones importantes. En muchos puntos básicos estaban en total acuerdo. Los aristotélicos, como los platónicos, pensaban que el cosmos es una gran esfera (pero indudablemente finita), con los cielos arriba y la Tierra en el centro. Todos coincidían en que hubo un comienzo en el tiempo, aunque, como hemos visto, algunos aristotélicos del siglo XIII estaban dispuestos a afirmar que esto no podía ser establecido mediante argumentos filosóficos. Y nadie, no importaba qué escuela de pensamiento representara, dudaba de que el cosmos era único. Aunque casi todos aceptaban que Dios pudo haber creado múltiples mundos, nadie creía seriamente que lo había hecho.

5. Grosseteste se refiere a esta forma como «forma primera» o «forma corpórea». Para más información sobre la forma corpórea, véase más adelante, el capítulo 12.

6. Sobre la cosmología de Grosseteste, véase el excelente estudio de James McEvoy, *The Philosophy of Robert Grosseteste*, págs. 149-188, 369-441. Para una versión breve, véase David C. Lindberg, «The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler», págs. 14-17.

Pero donde Aristóteles y Platón discrepaban, la imagen aristotélica del mundo desplazó gradualmente a la platónica. Una de las diferencias más importantes se refería a la cuestión de la homogeneidad. Aristóteles dividía la esfera cósmica en dos regiones distintas, hechas de diferente material y que operaban según distintos principios. Por debajo de la Luna está la región terrestre, constituida por los cuatro elementos. Esta región es la escena de la generación y la corrupción, del nacimiento y la muerte, y de los movimientos transitorios (generalmente rectilíneos). Por encima de la Luna están las esferas celestes, a las que están ligadas las estrellas fijas, el Sol y los demás planetas. Esta región celeste, compuesta de éter o la quintaesencia (el quinto elemento), se caracteriza por la perfección inmutable y el movimiento circular uniforme. Otra contribución aristotélica a la imagen cosmológica era su elaborado sistema de esferas planetarias y los principios de causalidad por los que los movimientos celestes producían la generación y la corrupción en el reino terrestre.

Después, distintas características aristotélicas se fundieron con creencias cosmológicas tradicionales para definir lo esencial de la cosmología medieval tardía, una cosmología que se convirtió en la propiedad intelectual compartida por los europeos cultos a lo largo del siglo XIII. Un acuerdo universal de tal magnitud surgió no debido a que las personas cultas fueran obligadas a someterse a la autoridad de Aristóteles, sino porque su imagen cosmológica ofrecía una convincente y satisfactoria explicación del mundo tal como ellos lo percibían. No obstante, ciertos elementos de la cosmología aristotélica se convirtieron rápidamente en objeto de crítica y debate. Y es ahí, en el intento de desarrollar y matizar la cosmología aristotélica y de armonizarla con las opiniones de otras autoridades y con la enseñanza bíblica, donde los investigadores medievales hicieron su contribución cosmológica. Sería imposible en un único capítulo, o incluso en un único libro, tratar de modo completo el pensamiento cosmológico medieval (Pierre Duhem dedicó diez volúmenes al tema), y tenemos que limitarnos a lo más importante y a las cuestiones más apasionadamente debatidas.[7]

7. Pierre Duhem, *Le système du monde*, 10 vols. Se han traducido extractos de los diez volúmenes al inglés en Pierre Duhem, *Medieval Cosmology: Theories of Infinity, Place, Time, Void, and the Plurality of the Worlds*, trad. y comp. de Roger Ariew. En la exposición que sigue, estoy especialmente en deuda con la excelente síntesis de la cosmología medieval hecha en Edward Grant, «Cosmology»; y también con los artículos recogidos en Edward Grant, *Studies in Medieval Science and Natural Philosophy*. Véase

Los cielos

Antes de entrar en el cosmos, hagamos una pausa justo fuera de éste. ¿Qué hay ahí, si es que hay algo? Todos coincidían en que fuera del cosmos no hay ninguna sustancia material. Si se afirma que el cosmos contiene toda la sustancia material que Dios creó, esta conclusión es inevitable. ¿Pero qué hay del espacio desprovisto de sustancia corpórea? Aristóteles había negado explícitamente la posibilidad de espacio, lugar o vacío fuera del mundo, y su conclusión era generalmente aceptada hasta que la condena de 1277 provocó una reevaluación de la cuestión. En la condena había dos artículos que tenían que ver directamente con el problema. En uno de ellos, se declaraba que Dios tiene el poder de crear múltiples mundos, en el otro que Dios es capaz de dotar al cielo más extremo de un movimiento rectilíneo. Ahora bien, si otro cosmos pudiera ser depositado fuera del nuestro, entonces debería ser posible que allí existiera un espacio capaz de acogerlo. Asimismo, una esfera celeste en movimiento rectilíneo dejaría inevitablemente vacante un espacio y se movería a otro. La mayor parte de los autores se conformaba con aceptar que Dios pudo crear un espacio vacío fuera del cosmos. Unos pocos, como Tomás Bradwardine († en 1349) y Nicolás Oresme (ca. 1320-1382) afirmaron que realmente lo había hecho. Bradwardine identificaba este espacio vacío con la omnipresencia de Dios y afirmaba que puesto que Dios es infinito, el espacio vacío extracósmico debe igualmente ser infinito.

Las consideraciones cristianas parecen haber sido importantes en esta modificación de la cosmología aristotélica, pero la influencia estoica también es evidente. La noción de un vacío extracósmico llegó a Occidente con un pedigrí estoico. Los investigadores occidentales incluso tomaron prestados argumentos específicamente estoicos, tales como el experimento mental a menudo repetido sobre lo que sucedería si alguien situado en la *periferia* del universo material, en el límite extremo de toda sustancia material, introdujera un brazo más allá de dicha periferia. Parece obvio que el brazo debe ser recibido por un espacio que hasta entonces ha estado vacío. Así pues, mediante una combinación de la influencia cristiana y

---

también Olaf Pedersen, «The Corpus Astronomicum and the Traditions of Mediaeval Latin Astronomy». La cosmología de Tomás de Aquino está bien tratada en la nueva edición de Blackfriars de su *Summa Theologiae*, vol. 10: *Cosmogony*, comp. y trad. de William A Wallace. El libro de próxima aparición de Edward Grant, *The Medieval Cosmos 1200-1687*, debería contener el análisis definitivo de la cosmología medieval.

estoica, se impuso una importante modificación en la cosmología aristotélica, una modificación que iba a tener un lugar importante en las especulaciones cosmológicas hasta finales del siglo XVII y más tarde

Cuando entramos en el cosmos, inmediatamente encontramos las esferas celestes. ¿Cuántas hay, cuál es su naturaleza y cuáles son sus funciones? Existían siete planetas conocidos, la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, que generalmente se consideraban dispuestos en este orden. En la versión simplificada del cosmos preferida por los escritores medievales sobre cosmología, que ignoraba la mayoría de los detalles astronómicos, cada planeta requería una única esfera que explicaba su movimiento. Además, según Aristóteles, más allá de las esferas planetarias, definiendo el límite del cosmos, estaba la esfera de las estrellas fijas o *primum mobile*. Surgen varios problemas respecto a lo que los estudiosos medievales pensaban de esta esfera más externa.

Uno de ellos consistía en definir su lugar. El lugar de una cosa, según Aristóteles, está determinado por el cuerpo o cuerpos que lo contienen. Pero si la esfera de las estrellas fijas es ella misma el cuerpo más exterior, no hay nada fuera de él que sirva como continente. La conclusión natural de esta línea argumental —que el *primum mobile* no está en un lugar— era demasiado paradójica para ser aceptada más que por unos pocos de mentes especialmente vigorosas. Por ello fueron propuestas varias soluciones, incluido el intento de redefinir el lugar de modo que permitiera que éste fuera determinado por el cuerpo contenido, en lugar de por el continente.[9]

Otro problema respecto a la esfera más externa de Aristóteles surgió del relato de la creación del libro del *Génesis*, donde se hacía una distinción entre el «cielo» [*caelum*], creado en el primer día, y el «firmamento» [*firmamentum*] creado en el segundo, obviamente dos cosas diferentes, puesto que fueron creadas en diferentes días. Además, el texto bíblico afirma que el firmamento separa las aguas inferiores de las aguas superiores. Las aguas bajo el firmamento podían ser identificadas con la esfera del agua en la región terrestre, pero las aguas sobre el firmamento aparentemente constituían otra esfera celeste. La discusión sobre este problema llevó a algunos comentadores cristianos a postular tres esferas más allá de las siete esferas planetarias. La más exterior de las tres, el invisible e in-

8. Edward Grant, «Medieval and Seventeenth-Century Conceptions of an Infinite Void Space beyond the Cosmos»; Grant, *Much Ado about Nothing*, esp., caps. 5-6.

9. Edward Grant, «The Medieval Doctrine of Place: Some Fundamental Problems and Solutions», esp. págs. 72-79.

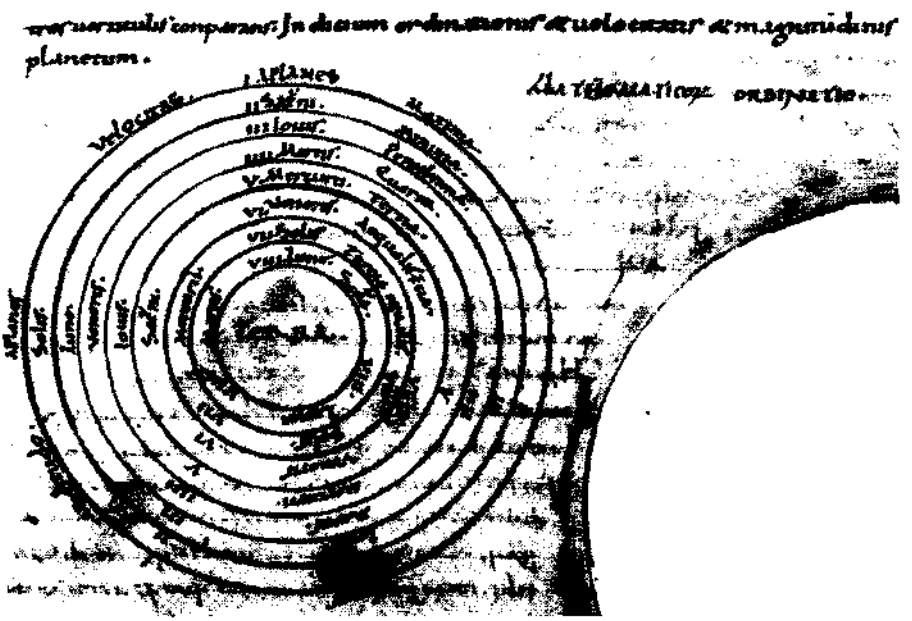


FIG. 11.1. *La cosmología aristotélica simplificada, popular en la Edad Media.* París, Bibliothèque National, MS Lat. 6280, fol. 20r (siglo XII).

móvil *empyreum*, servía como morada de los ángeles; a continuación venía el cielo acuoso o cristalino, perfectamente transparente, consistente en agua (posiblemente en una forma dura o cristalizada, pero más probablemente fluida, y posiblemente agua sólo en un sentido figurado); y después el firmamento, llevando las estrellas fijas. Para los que aceptaban esta línea argumental, el número total de esferas celestes llegaba a diez. Con el tiempo, se asignaron funciones cosmológicas y astronómicas a las tres esferas externas. Algunos investigadores, deseando explicar un movimiento estelar adicional, postularon también una undécima esfera. Es importante destacar la interacción mutua entre la cosmología y la teología en estas discusiones. La cosmología aristotélica se modificaba para satisfacer las demandas de la interpretación bíblica. Al mismo tiempo, el relato bíblico absorbía los elementos esenciales de la cosmología aristotélica, con sus modificaciones medievales, y tomaba partes sustantivas de su significado de la teoría cosmológica contemporánea.[10]

10. Grant, «Cosmology», págs. 275-279; «Celestial Orbs in the Latin Middle Ages», págs. 159-162; «Science and Theology in the Middle Ages», págs. 63-64.

Naturalmente, los cosmólogos medievales estaban interesados en la sustancia o causa material de la región celeste. Muchos escritores de la Edad Media inicial, recurriendo a la tradición estoica, supusieron que los cielos estaban compuestos de una sustancia ígnea. Tras el redescubrimiento de las obras de Aristóteles, generalmente se aceptó alguna versión de la opinión aristotélica de que los cielos estaban constituidos por la quintaesencia o éter (una sustancia perfecta, transparente, no sujeta al cambio). Hubo debates sobre la naturaleza de este éter (por ejemplo, si era un compuesto de forma y materia). Entre los que admitían la existencia de forma y materia en los cielos, algunos afirmaban que la materia de los cielos era de una clase similar a la materia terrestre, mientras que otros sostenían que las dos materias debían ser totalmente diferentes. Fuera cual fuera la naturaleza del éter, todos coincidían en que estaba dividido en distintas esferas, en perfecto contacto (pues de otro modo habría espacio vacío), rotando sin fricción en sus direcciones propias y con sus velocidades características. Se asumía que las esferas individuales eran continuas, es decir, sin intersticios o huecos. Rara vez un escritor preguntaba si eran fluidas o duras. Ambas alternativas hallaban apoyo entre los pocos que afrontaban esta cuestión. Se consideraba que los planetas eran pequeñas regiones esféricas de mayor densidad o lucidez en el éter transparente, lúcido.[11]

Una cuestión debatida mucho más acaloradamente fue la naturaleza de los motores celestes. Aristóteles había identificado un conjunto de motores inmóviles como las causas del movimiento celeste, los objetos de deseo de las esferas planetarias, que hacen todo lo posible para imitar la perfección inmutable de los motores inmóviles rotando con movimiento circular uniforme, eterno. Así pues, los motores inmóviles son más bien causas finales que causas eficientes. Ahora bien, el motor inmóvil de la esfera móvil superior (el «primer motor») usualmente se identificaba con el Dios cristiano. Pero la identidad de los motores inmóviles adicionales era un problema mucho más difícil. Hubiera sido fácil identificarlos con las deidades planetarias descritas en el *Timeo* de Platón. Pero, en la tradición cristiana, la aceptación de la existencia de cualquier deidad además del Creador habría sido un caso claro de herejía, y por ello para los

11. Para textos medievales representativos, véanse los incluidos en Lynn Thorndike (comp. y trad.), *The Sphere of Sacrobosco and Its Commentators*, pág. 206. Para el análisis, véase Edward Grant, «Celestial Matter: A Medieval and Galilean Cosmological Problem»; «Celestial Orbs», págs 167-172; «Cosmology», págs. 286-288.

estudiosos cristianos era importante distanciarse de tales nociones asignando a los motores inmóviles un estatus desprovisto de divinidad. Una solución común fue concebirlos como ángeles o como otra clase de inteligencias separadas (mentes sin cuerpos). Sin embargo, había soluciones alternativas que prescindían totalmente de los ángeles e inteligencias. Robert Kilwardby (ca. 1215-1279) asignó a las esferas celestes una naturaleza activa o tendencia innata a moverse esféricamente. Juan Buridán (ca. 1295-ca. 1358) afirmó que no había necesidad de postular la existencia de inteligencias celestes, puesto que no tienen ninguna base en las Escrituras. Por lo tanto, es posible que la causa del movimiento celeste sea un ímpetu o fuerza motiva, análogo a la fuerza impresa que mueve un proyectil (véase la discusión más adelante, en el capítulo 12), que Dios impuso a cada una de las esferas celestes en el momento de la creación.[12]

Así pues, hasta aquí el análisis ha asumido que los cielos están constituidos por un simple conjunto de esferas concéntricas, prietamente encajadas. Éste parece haber sido el punto de vista de Aristóteles. Fue articulado y vigorosamente defendido por Ibn Rušd (Averroes) en la España musulmana; y tenía varios importantes partidarios occidentales. Pero algunos escritores cosmólogos medievales modificaron su cosmología para tomar en cuenta los deferentes excéntricos y los epiciclos de la astronomía ptolemaica; un intento, obviamente, de armonizar la cosmología y la astronomía planetaria. Más adelante, en este capítulo, abordaremos de modo más completo estos desarrollos. Aquí será suficiente destacar que la solución fue dotar a cada una de las esferas planetarias de Aristóteles del grosor suficiente para contener dentro de sí el deferente y el epiciclo ptolemaicos del planeta correspondiente (véase la figura 11.10.). El radio del interior de una esfera planetaria dada sería igual a la distancia mínima entre la Tierra y ese planeta en el modelo ptolemaico; el radio del exterior de esta esfera planetaria equivaldría a la distancia máxima del planeta desde la Tierra.

El principio de encaje seguido en este sistema —esferas planetarias de un determinado grosor, encajadas de modo contiguo, sin dejar espacio sobrante— hacía posible calcular el tamaño de las distintas órbitas planetarias y al final las dimensiones del cosmos. Para empezar el cálculo se necesitaba una estimación del tamaño de la esfera más interna, la de la Luna. Varios astrónomos musulmanes, incluido al-Farghānī y Tābit ibn

12. James A. Weisheipl, «The Celestial Movers in medieval Physics»; Grant, «Cosmology», págs. 284-286.

Qurra, en el siglo IX, y al-Battānī en los siglos IX y X, hicieron el cálculo, tomando los datos necesarios del *Almagesto* de Ptolomeo, con modificaciones. En Occidente, Campanus de Novara († en 1296) dio su versión del cálculo asignando una cifra de 107.936 millas al radio de la superficie interior de la esfera de la Luna (el punto de mayor acercamiento de la Luna a la Tierra) y 209.198 millas al radio de la superficie exterior de la esfera de la Luna (el punto de mayor alejamiento de la Luna a la Tierra). Cálculos similares para Mercurio y Venus daban una distancia «teórica» para el Sol que más o menos coincidía con la paralaje calculada para el Sol por los astrónomos de la antigüedad. La continuación del cálculo para los planetas superiores daba un radio de 73.387.747 millas para el exterior de la esfera de Saturno y la interna de la esfera estelar. Estas cifras, u otras próximas a éstas, prevalecieron hasta que, en el siglo XVI, Copérnico las revisó.[13]

La región terrestre

En el próximo capítulo se presentará un análisis detallado de las operaciones naturales del ámbito terrestre. Pero aquí debemos aludir a varias características macroscópicas de la región sublunar que tienen que ver con las grandes cuestiones cosmológicas a las que este capítulo está dedicado.

Entramos en la región terrestre descendiendo por debajo de la esfera lunar. Ésta es la región de los cuatro elementos, que (en el modelo idealizado) están dispuestos en esferas concéntricas, cada una en su propio lugar: primero el fuego, después el aire, seguido por el agua, y finalmente la tierra en el centro. Dos de los elementos —el fuego y el aire— son intrínsecamente ligeros y ascienden por naturaleza; los otros dos —agua y tierra— son intrínsecamente pesados y descienden por naturaleza. Los elementos se transmutan continuamente uno en otro debido a la influencia del Sol y los otros cuerpos celestes. Así, por ejemplo, el agua se transforma

13. Para estos datos, véanse Grant, «Cosmology», pág. 292; y Francis S. Benjamin y G. J. Toomer (comps. y trads.), *Campanus of Novara and Medieval Planetary Theory: «Theorica planetarum»*, págs. 356-363. Campanus define un milla como el equivalente de 4.000 codos y da una circunferencia de la Tierra de 20.400 millas (Benjamin y Toomer, pág. 147). Para más información sobre las ideas del tamaño cósmico, véanse Bernard R. Goldstein y Noel Swerdlow, «Planetary Distances and Sizes in an Anonimous Arabic Treatise Preserved in Bodleian MS Marsh 621»; y Albert Van Helden, *Measuring the Universe: Cosmic dimensions from Arsitarchus to Halley.*

en aire en el proceso que nosotros conocemos como evaporación; inversamente, el aire puede transformarse en agua para producir la lluvia.

Se afirmaba que las esferas aérea e ígnea eran la escena de otros varios fenómenos meteorológicos, tales como los cometas, las estrellas fugaces, el arco iris, los relámpagos y los truenos. Se consideraba que los cometas eran fenómenos atmosféricos, una exhalación caliente y seca que ardía tras haber ascendido desde la Tierra a la esfera del fuego. En general, se mantenía que los arco iris se producen cuando la luz del Sol se refleja en las gotitas de agua de una nube. Distintos autores hacían intervenir la refracción de la luz en el proceso y, a principios del siglo XIV, Teodorico de Freiberg († ca. 1310) ofreció una explicación muy próxima a la moderna, empleando la reflexión y la refracción de la luz combinadas en gotitas individuales (véase la figura 11.2.).[14]

En el centro de todo está la esfera de la Tierra. Todos los estudiosos medievales del periodo coincidían sobre su esfericidad, y las antiguas estimaciones de su circunferencia (alrededor de 252.000 estadios) eran ampliamente conocidas y aceptadas.[15] En general la masa de tierra era dividida en tres continentes —Europa, Asia y África— rodeados por el mar. A veces se añadía un cuarto continente. Más allá de estos puntos básicos, el conocimiento de las características de la superficie de la Tierra y sus relaciones espaciales variaban radicalmente con el tiempo, el lugar y las circunstancias individuales. Hagamos un pequeño resumen del conocimiento geográfico medieval.

Durante la Edad Media existían muchas formas de conocimiento geográfico, y debemos tener cuidado de no caer en la tendencia moderna de identificarlo exclusivamente con mapas o con imágenes mentales similares a éstos.[16] Naturalmente, la gente medieval tenía conocimiento experiencial

14. Sobre el arco iris, véanse Edward Grant (comp.), A *Source Book in Medieval Science*, págs. 435-441; y Carl B. Boyer, *The Rainbow: From Myth to Mathematics*, caps. 3-5. Para una explicación adecuada de la meteorología medieval, véanse John Kirtland Wright, *The Geographical Lore of the Time of the Crusades: A Study in the History of Medieval Science and Tradition in Western Europe*, págs. 166-181; y Nicholas H. Steneck, *Science and Creation in the Middle Ages: Henry of Langenstein (d. 1397) on Genesis*, págs. 84-87.

15. La idea de que Colón tuvo la oposición de gente que creía que la Tierra era plana es una leyenda moderna; véase Jeffrey B. Russell, *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians*.

16. Para un resumen de la geografía medieval, véase Lewis, *Discarded Image*, págs. 139-146, del que se ha tomado este punto y la terminología para expresarlo. Para una revisión extensa, véase Wright, *Geographical Lore*. Sobre la cartografía, véase David Woodward, «Medieval *Mappaemundi*».

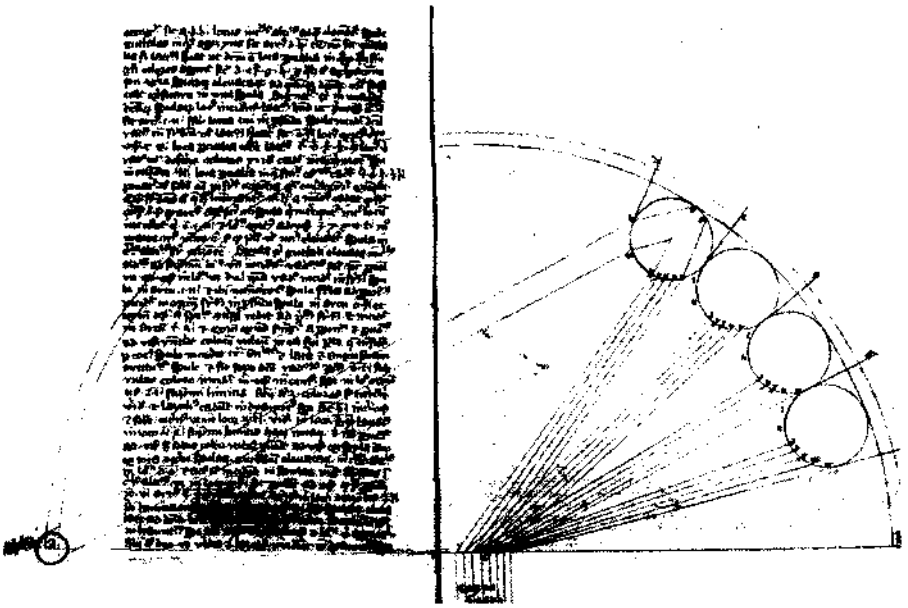


FIG. 11.2. *Teoría del arco iris de Teodorico de Freiberg. El Sol se ve en la parte baja a la izquierda, un conjunto de gotas de lluvia en la parte superior derecha, y el observador está situado abajo en el centro. El dibujo intenta demostrar que las dos refracciones y una reflexión interna dentro de las gotas individuales produce el esquema de colores observado.* Basilea, Öffentliche Bibliothek der Universität, MS F.IV.30, fols. 33v-34r (siglo XIV).

de primera mano de su región nativa. El conocimiento de lugares más distantes podía provenir de los viajeros, que podían ser de clases muy diferentes: comerciantes, artesanos, obreros, peregrinos, misioneros, guerreros, trovadores, estudiosos itinerantes, oficiales civiles y eclesiásticos, incluso fugitivos y vagabundos. Para unos pocos suficientemente afortunados para tener acceso a las bibliotecas, libros como la *Historia natural* de Plinio o las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla les proporcionaban conocimiento geográfico de una clase más exótica y a mayor escala en forma de descripciones escritas. Plinio e Isidoro proporcionaban una colección importante de saber popular geográfico (parte de él, mitológico) mediante el uso del «periplus», una lista secuencial de ciudades, ríos, montañas y otras características topográficas que se encontraban a medida que uno navegaba por la línea costera. Usualmente, esta información iba acompañada de interesantes detalles históricos, culturales y antropológicos. Par-

tiendo de compilaciones más antiguas, Plinio e Isidoro llevaban a sus lectores en un rápido paseo por la periferia de los continentes de Europa y África.[17] Hacia finales de la Edad Media, una nueva literatura de viajes empezó a enriquecer el depósito de tales conocimientos.

Las fuentes literarias tradicionales también trataban del clima, dividiendo el globo terrestre en zonas climáticas o «climas». En un esquema típico había cinco zonas: dos frías (la ártica y la antártica) alrededor de los polos, una zona templada adyacente a éstas, y una zona tórrida a uno y otro lado del ecuador y (según algunos) dividida en dos anillos distintos por el gran océano ecuatorial. Se consideraba que la zona tórrida estaba deshabitada a causa de su calor, aunque algunos estudiosos discutían esta afirmación. Naturalmente, los europeos medievales se situaban a sí mismos viviendo en la zona templada del norte. En el lado opuesto de la Tierra, en la zona templada del sur, estaban las Antípodas. Si este lugar estaba o no habitado por los antípodas (gente que camina cabeza abajo) era materia de discusión.

Quienes estamos familiarizados con los mapas modernos, tenemos tendencia a organizar el conocimiento geográfico espacialmente, mediante el uso de las coordenadas del mapa, reduciendo así la geografía a geometría. Pero para la gente medieval, la mayoría de la cual no había visto jamás un mapa de ninguna clase, por no hablar de un mapa construido sobre principios geométricos, esto no era así. Los mapas, tal como se hacían en el medievo, no pretendían necesariamente retratar en términos geométricamente exactos las relaciones espaciales de las características topográficas indicadas en ellos, y la noción de escala todavía no existía. Su función puede haber sido simbólica, metafórica, histórica, decorativa o didáctica. Por ejemplo, el mapa Ebstorf del siglo XIII emplea el mundo como símbolo del cuerpo de Cristo. Y una representación del globo terrestre, en un manuscrito del siglo XV, ilustra la división del mundo en tres continentes, cada uno gobernado por uno de los hijos de Noé.[18] Por tanto, si deseamos evitar una mala interpretación de los objetivos y logros medievales, debemos evitar mirar los mapas medievales como intentos fallidos de hacer mapas modernos.

Entre los mapas más numerosos, más interesantes y más estudiados de la Edad Media están los *mappaemundi*, o mapas del mundo. La forma

17. William H. Stahl, *Roman Science*, págs. 115-119, 221-222.

18. Sobre los tipos de mapas medievales y sus funciones, véanse los artículos de *History of Cartography*, J. B. Hartley y David Woodward (comps.), vol. 1. Sobre los dos mapas mencionados aquí, véase Woodward, «Medieval *Mappaemundi*», págs. 290, 310.

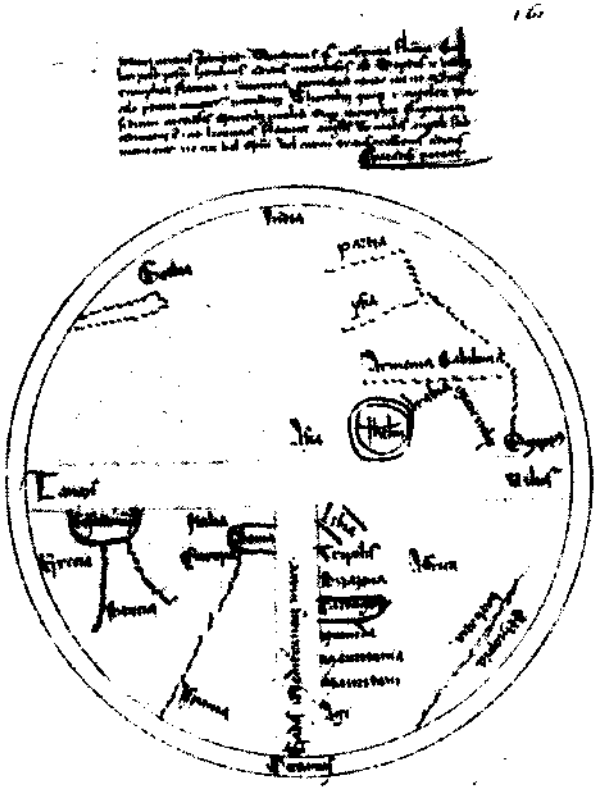


FIG. 11.3. *Un mapa T-O*. París, Bibliothèque Nationale, MS Lat. 7676, fol. 161r (siglo XV).

más común de *mappaemundi* era el mapa T-O asociado a Isidoro de Sevilla, que daba una representación esquemática de los tres continentes, Europa, África y Asia. En la figura 11.3., la «T» insertada dentro de la «O» representa las vías fluviales (los ríos Don y Nilo y el mar Mediterráneo) que se creía que dividían la masa de tierra conocida en sus partes más importantes: Asia en la parte superior del mapa, Europa abajo a la izquierda y África abajo a la derecha.

También se hacían versiones no esquemáticas de mapas T-O, que se apartaban del diagrama T-O rígido para incorporar distintos detalles geográficos (véase la figura 11.4.) Otro tipo común de mapa era el zonal, que presentaba las zonas climáticas como su principio organizador.[19]

19. Sobre los *mappaemundi*, véase el completo estudio de Woodward, «Medieval *Mappaemundi*».

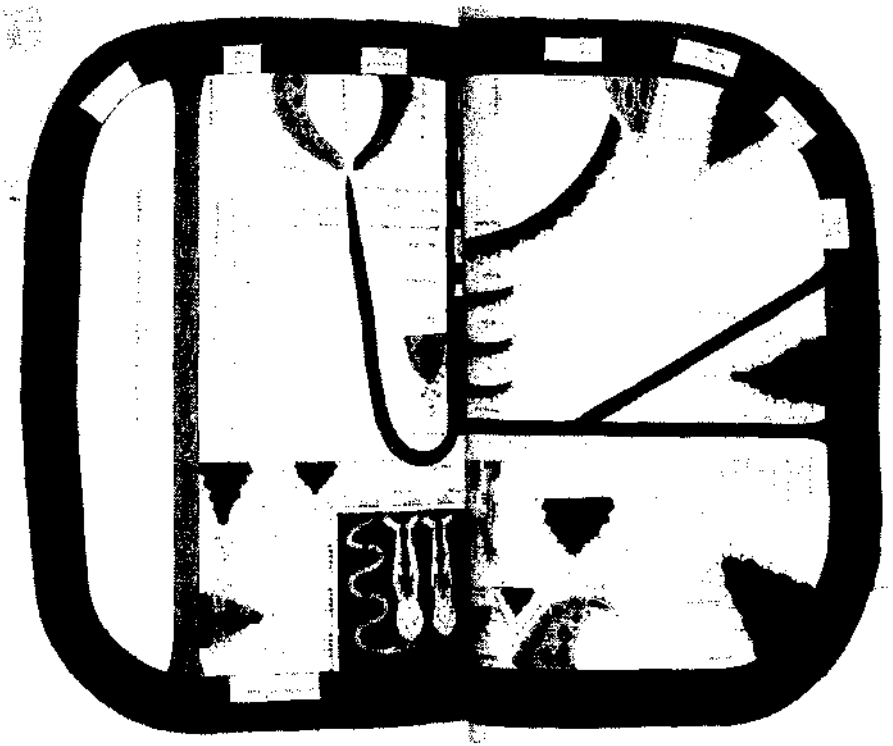


FIG. 11.4. *Un mapa T-O modificado, el mapa Beatus (1109 d.C.). En el extremo derecho se muestra un cuarto continente.* Londres, British Library, MS Add. 11695, fols. 39v-40r. Con permiso de la British Library. Para un análisis más profundo, véase J. B. Harley y David Woodward (comps.), *The History of Cartography*, vol. 1, figura 13.

La confección de mapas experimentó un giro matemático (y por tanto hacia la moderna cartografía) con la creación de los portulanos, que incorporaban el conocimiento de los marineros y estaban diseñados para facilitar la navegación por el mar. Estos mapas, inventados quizás en la segunda mitad del siglo XIII, ofrecían una representación realista de la línea costera y empleaban una red de «derrotas» dispuestas alrededor de una rosa de los vientos para expresar las distancias y direcciones entre cualesquiera dos puntos (véase la figura 11.5.) Aplicados primero en el Mediterráneo, los portulanos se hicieron después para el Mar Negro y la línea costera atlántica de Europa. El uso de los portulanos hizo posible viajes de exploración más arriesgados, que a su vez aumentaron enormemente el conocimiento geográfico europeo.

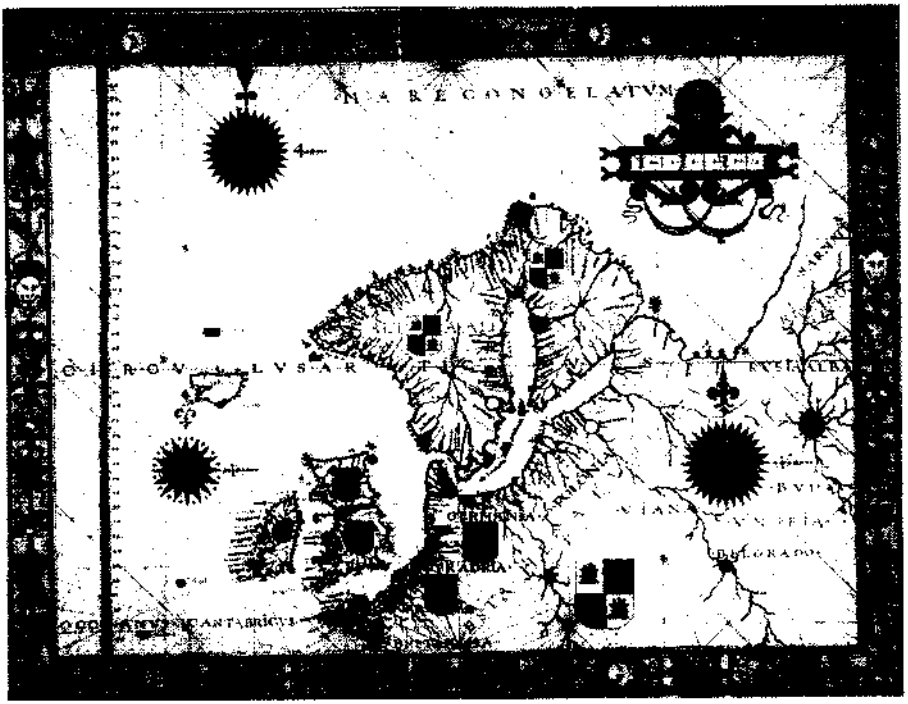


FIG. 11.5. *Un portulano de Fernão Vaz Dourado (ca. 1570).* The Huntington Library, HM 41(5).

Finalmente, la cartografía se transformó de modo decisivo con la adquisición de la *Geografía* de Ptolomeo traducida al latín a principios del siglo XV, que enseñó a los europeos las técnicas matemáticas con las que representar un cuerpo esférico sobre una superficie bidimensional.[20]

Si la confección de mapas parece impresionante por su utilidad, bien podemos devolver el equilibrio a esta sección concluyendo con una investigación de una cuestión que no parecerá (al menos a primera vista) que tenga ninguna aplicación práctica en absoluto, es decir, si la Tierra rota sobre su eje, y lo que sucedería si fuera así. Aristóteles había presentado convincentemente los fundamentos para la creencia de que la Tierra está quieta; y aunque todos los medievales aceptaban esto, algunos pen-

20. Sobre los portulanos y las técnicas de confeccionar mapas de Ptolomeo, véanse dos artículos en Hartley y Woodward, *History of Cartography*, vol. 1: Tony Campbell, «Portolan Charts from the Late Thirteenth Century to 1500», págs. 317-463, y O. A. W. Dilke, «The Culmination of Greek Cartography in Ptolemy», págs. 177-200.

saron que valía la pena explorar los argumentos en favor de una Tierra rotatoria. Al considerar esta cuestión, estaban en buena compañía de algunos antiguos, pues la idea jamás había desaparecido del todo de la antigua literatura astronómica y cosmológica. Aristóteles, Ptolomeo y Séneca la discutían. Las exploraciones más penetrantes de una Tierra rotatoria se dieron en el siglo XIV con Juan Buridán y Nicolás Oresme.

Aquí no había intención alguna de quitar a la Tierra del centro del cosmos. Lo que Buridán y Oresme tenían en mente era simplemente una rotación diurna de la Tierra sobre su eje. La ventaja obvia de postular este movimiento rotatorio era que haciéndolo así se eliminaría la necesidad de atribuir una rotación diurna a cada una de las esferas celestes. Eso significaría reemplazar muchos movimientos rápidos por un único movimiento lento, una economía que casi todos podían apreciar.[21] Buridán señaló que los astrónomos observan movimientos relativos, no absolutos, y que atribuir a la Tierra una rotación diurna no afectaría a los cálculos astronómicos. Consecuentemente, la cuestión de una Tierra rotatoria no podía decidirse sobre bases astronómicas, sino que debía depender de argumentos físicos. El propio Buridán proporcionó un argumento de este tipo, al señalar que una flecha disparada verticalmente hacia arriba (en un día sin viento), desde la superficie de una Tierra rotatoria, no volvería a su punto de partida, puesto que, mientras estaba en el aire, la Tierra, debajo de ella, se estaría moviendo. Puesto que una flecha disparada verticalmente hacia arriba *regresa* a su punto de origen, afirmó, podemos estar seguros de que la Tierra está quieta.

Pocos años después, Oresme llevó a cabo una investigación más completa del problema. Fue uno de los filósofos naturales más agudos del periodo medieval, y empezó replicando a las objeciones estándar a una Tierra rotatoria. Afirmó que todo lo que percibimos es movimiento relativo, y por tanto la observación no puede decidir la cuestión. Replicó al argumento de la flecha de Buridán manteniendo que sobre una Tierra rotatoria, mientras la flecha está moviéndose verticalmente hacia arriba y después en vertical hacia abajo, también se estaría moviendo horizontalmente; por tanto, la flecha se mantendría sobre el punto de la Tierra desde el cual fue disparada y al cabo de un tiempo regresaría a su punto de

21. Naturalmente, las velocidades rotacionales deberían ser las mismas, tanto si es la Tierra como si es el cielo el que hace la rotación. Sin embargo, debido al pequeño radio de la Tierra, un punto en su superficie se movería más lentamente que un punto en la superficie de la esfera celeste.

partida. Reforzó este argumento con un ejemplo a bordo de una nave, similar al que Galileo usaría en el siglo XVII para defender la relatividad del movimiento:

> Esto parece ser posible de este modo, pues si un hombre fuera en un barco que se moviera muy rápidamente hacia el este sin que él fuera consciente de dicho movimiento, y si moviera sus manos en una línea recta hacia abajo a lo largo del mástil del barco, a él le parecería que su mano se está moviendo con un movimiento [hacia abajo] rectilíneo. Ahora bien, de acuerdo con esta opinión a nosotros nos parece que sucede lo mismo con la flecha que es disparada recto hacia abajo o recto hacia arriba. Dentro de la nave que se mueve así, puede haber toda clase de movimientos —horizontal, entrecruzado, hacia arriba, hacia abajo, en todas direcciones— y nos parece que son exactamente los mismos que los que se producen cuando la nave está parada. Así pues, si un hombre en esta nave caminara hacia el oeste menos rápidamente de lo que la nave se está moviendo hacia el este, a él le parecería que se está moviendo hacia el oeste, cuando realmente se mueve hacia el este. Y, de modo similar al caso precedente, todos los movimientos aquí abajo parecerían los mismos que si la Tierra estuviera quieta.

Oresme continuaba argumentando que los pasajes de las Escrituras que parecen enseñar la fijeza de la Tierra pueden ser interpretados como una acomodación por parte del texto bíblico, «que se adecua al uso común del lenguaje popular».[22] Habiendo refutado así las objeciones a la Tierra móvil, completaba el argumento presentando el caso en positivo, un conjunto de argumentos respecto a la economía de mover la Tierra en lugar de todos los cielos.

Se trata de un poderoso y (para copernicanos como nosotros) convincente argumento en favor de la rotación de la Tierra sobre su eje. ¿Convenció a los contemporáneos de Oresme? No. Y, de hecho, aparentemente ni siquiera convenció al propio Oresme. Sus argumentos representaban la mejor argumentación filosófica o racional en favor de la movilidad de la Tierra que Oresme era capaz de idear. Pero la doctrina de la divina omnipotencia garantizaba que, en el mejor de los casos, era un argumento probable, al que no se le podía permitir poner límites a la libertad crea-

22. Nicolás de Oresme, *Le livre du ciel et du monde*, págs. 525, 531, con varias mejoras y correcciones. Para un análisis del tema, véase Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, págs. 583-588; Edward Grant, *Physical Science in the Middle Ages*, 63-70; Grant McColley, «The theory of the Diurnal Rotation of the Earth».

FIG. 11.6. *Nicolás de Oresme*. París, Bibliotêque Nationale, MS Fr. 565, fol. 1r (siglo xv). El instrumento mayor es una esfera armilar, que ayuda a la enseñanza y ofrece una representación física de la eclíptica, el ecuador celeste y otros círculos celestes.

dora de Dios. Por todo lo que sabemos, Dios pudo preferir un mundo no económico. Por tanto, al final, Oresme aceptaba la opinión tradicional de que la Tierra está fija, apoyándola con una cita de los Salmos 92, 1: «Pues Dios afirmó también el mundo, y no se moverá».[23] Aparentemente, este pasaje de las Escrituras no se sometería (como los otros) al principio de que las Escrituras se acomodan al lenguaje popular.

Los historiadores no han estado seguros de cómo interpretar este aparente giro radical de Oresme. Muchos han estado tentados de suponer que vio que estaba yendo de cabeza hacia dificultades teológicas y decidió salvarse con una rectificación. De hecho, Oresme se tomó la molestia de explicar lo que estaba haciendo, y ciertamente debemos tomar en serio su explicación. Su propósito, reveló, era ofrecer un buen ejemplo para aquellos que querían impugnar la fe mediante la argumentación racional. Pensó que su éxito en formular argumentos filosóficos persuasivos en favor de una idea «opuesta a la razón natural» como la rotación de la Tierra demostraba la falta de fiabilidad de la argumentación racional y, por tanto, la precaución que hay que tener cuando la argumentación racional afecta a la fe, como ésta lo hace. Su propósito era cosmológico y teológico desde el principio.[24]

La base griega e islámica de la astronomía occidental

Hemos considerado la estructura general del cosmos y alguno de los principios mediante los cuales se creía que operaba. Ahora nos ocupamos de la tentativa de hacer observaciones planetarias exactas y de desarrollar modelos que explicaran cuantitativamente los datos planetarios. Debemos empezar por deshacernos de un cierto esquema de interpretación de gran influencia. Pierre Duhem elaboró esta interpretación a partir de la distinción entre dos modos posibles de considerar los modelos astronómicos. En la perspectiva «realista», se espera que los modelos astronómicos representen la realidad física y respondan al criterio del físico o filósofo natural. En la perspectiva «instrumental», los modelos astronómicos no son más que ficciones convenientes, instrumentos matemáticos útiles para predecir las posiciones planetarias, pero sin ningún valor de verdad física.

23. Oresme, *Le livre du ciel et du monde*, pág. 537 (con modificaciones en la puntuación).

24. *Ibid.*, págs. 537-539.

Según Duhem, la astronomía antigua era para la inmensa mayoría una actividad instrumentalista. Duhem pensaba que la astronomía y la física llegaron a definirse como esfuerzos mutuamente incompatibles. Se pensaba que la tarea del físico (o filósofo natural) era la investigación de la estructura y de la naturaleza de las cosas tal como realmente existen, mientras que el trabajo del astrónomo era desarrollar modelos matemáticos que proporcionaran predicciones cuantitativas. El astrónomo que permitía que las consideraciones físicas interfirieran en su tarea matemática estaba violando los límites disciplinares. Duhem empleaba el mismo marco conceptual y las mismas categorías para entender los desarrollos medievales, trazando la respectiva fortuna de los supuestos realistas e instrumentalistas.[25]

Hay razones para creer que Duhem exageró mucho las tendencias instrumentalistas del pensamiento astronómico antiguo. Sólo en una o dos fuentes de la antigüedad tardía se definen las alternativas realista e instrumentalista, y raramente, si es que sucedió alguna vez, defendió alguien el instrumentalismo como un modo de hacer astronomía.[26] Eso no significa negar que los griegos distinguían entre un enfoque físico y uno matemático, que Ptolomeo (por ejemplo) estaba entregado a un programa que era primariamente matemático, o que la búsqueda de éxito matemático pudo inducir a Ptolomeo y a otros astrónomos a saltarse a la torera las cuestiones físicas. Simplemente se trata de insistir en que distinguir entre física y matemáticas o descubrir que a veces están en conflicto no es lo mismo que pedir su divorcio. Se trata también de mantener que, a largo plazo, la meta de los astrónomos matemáticos, incluso aunque no siempre pudieran alcanzarlo en la práctica, era crear una astronomía matemática que prestara atención a, y fuera consistente con, los principios aceptados de la filosofía natural. Debemos recordar que Ptolomeo escribió el *Almagesto,* de carácter matemático, y la obra de carácter más físico *Las hipótesis de los planetas*. Además, incluso cuando apunta a fines más estrictamente matemáticos, como en el *Almagesto*, no deja totalmente de lado las realidades físicas.

25. Pierre Duhem, *To Save the Phenomena: An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo* (1969); la obra se publicó inicialmente en francés en 1908. La misma interpretación en forma menos desarrollada había sido presentada dos años antes por J. L. E. Dreyer, *History of Planetary Systems from Thales to Kepler* (1906).

26. Véase G. E. R. Lloyd, «Saving Appearances». También me han influido el capítulo 1 de la obra en proyecto de Bruce S. Eastwood, *Before Copernicus: Planetary Theory and the Circumsolar Idea from Late Antiquity to Twelfth Century* (leído en el texto mecanografiado).

Si consideramos la astronomía medieval, encontraremos que siguió siendo predominantemente una actividad matemática. Desde los tiempos de los romanos pertenecía al cuadrivio matemático, y nunca dejó de estar asociada con las matemáticas. Pero debemos ser cuidadosos en no suponer que sus objetivos matemáticos eran una expresión de instrumentalismo matemático. Los astrónomos matemáticos medievales, como sus predecesores antiguos, estaban interesados en los modelos geométricos e incluso en las predicciones cuantitativas, pero ninguno de ellos concluyó de esto que la astronomía debía estar divorciada de la realidad física. Lo cierto es que, durante la Edad Media, la astronomía y la cosmología no se miraban ferozmente a través de un abismo metodológico, sino que se codeaban a lo largo de un continuo metodológico.

Si en el terreno metodológico no podemos distinguir de modo preciso entre astronomía y cosmología, ¿hay alguna razón para tratarlas como actividades o disciplinas distintas? Sí. Uno de los mejores modos de distinguir las disciplinas medievales es olvidarse de sus definiciones formales y examinarlas como tradiciones textuales. Las cuestiones metodológicas que nos han ocupado en las secciones iniciales de este capítulo tendían a aparecer en los comentarios a ciertos textos: las obras físicas de Aristóteles (especialmente *Acerca del cielo* y la *Metafísica*), *La esfera* de Sacrobosco, las *Sentencias* de Pedro Abelardo y el relato de la creación del *Génesis*.[27] El análisis matemático de los cielos pertenecía a una tradición textual diferente, que surgía del *Almagesto* de Ptolomeo y otras obras de astronomía matemática escritas durante el periodo helenístico. Ciertamente ayudaba a desanimar cualquier intento de mezclar estas dos tradiciones en una «ciencia celeste» general el que cualquiera que quisiera practicar (o siquiera entender) la astronomía matemática tuviera que aprender técnicas esotéricas.

La astronomía islámica ya ha aparecido en este libro. Para prepararnos a entender los desarrollos astronómicos occidentales, debemos añadir ahora algún detalle. Las influencias más tempranas sobre la astronomía islámica fueron versiones indias y persas de la astronomía griega. Sin embargo, durante el siglo IX, los astrónomos musulmanes entraron en contacto directo con las fuentes griegas, la más importante de las cuales era el *Almagesto* de Ptolomeo, traducido varias veces a lo largo del siglo IX, y cuya versión final y mejor era la de Hunayn ibn Ishāq, hecha en la Casa de la Sabiduría en Bagdad. En el curso de los siglos inmediatamente

27. Grant, «Cosmology», págs. 265-268.

siguientes, se desarrolló una vigorosa tradición de astronomía islámica, ampliamente basada en los principios ptolemaicos. Los problemas de cronología, de cronometría y del calendario fueron los factores más importantes desencadenantes de este esfuerzo en el campo de la astronomía. La necesidad de resolver las relaciones entre el calendario lunar y el año solar, para predecir el inicio del mes lunar y determinar los momentos de la plegaria, fueron problemas acuciantes, que requerían conocimientos astronómicos para su solución. Otro factor causal fue indudablemente la estrecha conexión entre la astronomía y la práctica de la astrología; esta última era una actividad muy fomentada en las cortes islámicas.[28]

Es imposible captar la riqueza de los logros astronómicos islámicos en una breve explicación sumaria. Sin embargo, podemos hacer algún progreso tomando nota de las categorías en las que se englobaban dichos logros. Primero, se dedicó un gran esfuerzo a dominar a fondo, mejorar y difundir la teoría astronómica ptolemaica. Los manuales astronómicos de al-Farghānī y al-Battānī (ambos fueron traducidos al latín posteriormente) son buenas muestras de estos logros. Segundo, el aspecto computacional de la astronomía ptolemaica fue mejorado por los desarrollos en la trigonometría esférica, incluido el uso de las seis funciones trigonométricas (por oposición a la única función, la «cuerda», empleada por Ptolomeo).[29]

Tercero, se hizo un importante progreso en el instrumental y en la observación astronómicos. En tierra islámica se fundaron muchos observatorios o puestos de observación —algunos relativamente permanentes, otros bastante efímeros— para mejorar y suplementar los datos ptolemaicos. Se prepararon y difundieron ampliamente tablas de datos numéricos, con instrucciones para su uso. Se construyeron instrumentos, incluidos grandes cuadrantes estáticos o sextantes para medir alturas de estrellas y pla-

28. Sobre la astronomía islámica en general, veánse George Saliba, «The Development of Astronomy in Medieval Islam Society»; Saliba, «Astronomy/Astrology, Islamic», *Dictionary of the Middle Ages*, 1, págs. 616-624; los artículos recogidos en Dadvid A. King, *Islamic Mathematical Astronomy*; A. I. Sabra, «The Scientific Enterprise»; Owen Gingerich, «Islamic Astronomy»; E. S. Kennedy, «The Arabic Heritage in the Exact Sciences»; y Noel Swerdlow y Otto Neugebauer, *Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus*, págs. 41-48. Para un tratamiento más antiguo, véase J. L. E. Dreyer, *History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2ª ed., cap. 11. Sobre el sistema ptolemaico, véase A. I. Sabra, «The Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy: Averroes and al-Bitrūjī». Para una amplia recolección de útiles artículos sobre temas astronómicos, véase E. S. Kennedy (con colegas y antiguos estudiantes), *Studies in the Islamic Exact Sciences*.

29. Sobre la trigonometría griega y árabe, véase E. S. Kennedy, «The History of Trigonometry: An Overview».

netas. El cuadrante del observatorio de Maraga, construido en la segunda mitad del siglo XIII, tenía un radio de más de cuatro metros. El gigantesco arco meridiano de Samarcanda, construido en el siglo XV por Ulug Beg y usado básicamente para observaciones solares, tenía un radio de más de catorce metros.[30]

El más impresionante y útil de los instrumentos astronómicos desde el punto de vista matemático fue el astrolabio, inventado durante el periodo helenístico pero perfeccionado en el Islam. El astrolabio era un instrumento manual que consistía en un círculo graduado y una regla de mira (la alidada), que pivotaba sobre un perno y permitía la observación de la altura de una estrella o planeta, y un conjunto de brazos circulares de latón que se ajustaban a un cuerpo de latón o «madre» y hacían del astrolabio un computador astronómico (véanse las figuras 11.7. y 11.8.). El principio matemático que ayudaba a convertir el astrolabio en un computador era la proyección estereográfica, mediante la cual los cielos esféricos podían ser proyectados (por comodidad) sobre un conjunto de planchas planas (véase la figura 11.9.). La plancha superior (la «rete»), diseñada para representar los cielos rotatorios, contenía un mapa estelar (limitado a unas pocas estrellas de las más importantes) y un círculo excéntrico que representaba la eclíptica (figuras 11.7. y 11.8.). La mayor parte de esta plancha estaba recortada, de modo que el usuario podía ver a través de ella una plancha fijada debajo, llamada «clima». El «clima» contenía la proyección de un sistema fijo de coordenadas para la altura del usuario, que consistía en una línea horizontal, círculos de igual altura y líneas de igual acimut, así como el ecuador celeste, el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio (figura 11.8.). Después la rete [red] podía hacerse rotar sobre el clima para simular la rotación de los cielos con respecto al observador terrestre. La posición del Sol en la eclíptica podía señalarse, y entonces era posible una variedad de cálculos útiles.[31]

Cuarto, en el Islam se produjo una importante crítica de la teoría astronómica ptolemaica así como intentos de mejorarla o corregirla. Uno de

30. Aydin Sayili, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*, caps. 6, 8; T. N. Kari-Niazov, «Ulug Beg», *Dictionary of Scientific Biography*, 13, págs. 535-537. Para una fotografía de los restos todavía impresionantes del sextante de Ulug Beg, véase Sabra, «Scientific Enterprise», pág. 195.

31. Para una lúcida y fiable explicación sobre el astrolabio, véase J. D. North, «The Astrolabe»; o North, *Chaucer's Universe*, págs. 38-86. Para un análisis más detallado, véase *The Planispheric Astrolabe*. Sobre los instrumentos astronómicos islámicos en general, véase David A. King, *Islamic Astronomical Instruments*.

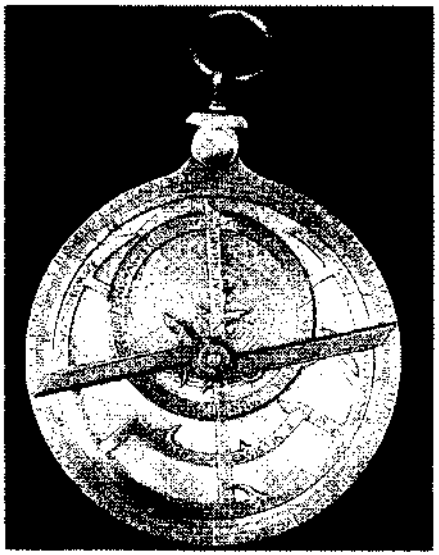


FIG. 11.7. *Astrolabio italiano, ca. 1500. Diámetro: 4,25 pulgadas.* Londres, Science Museum, Inv. no. 1938-428. Reproducido con permiso de Trustees of the Science Museum.

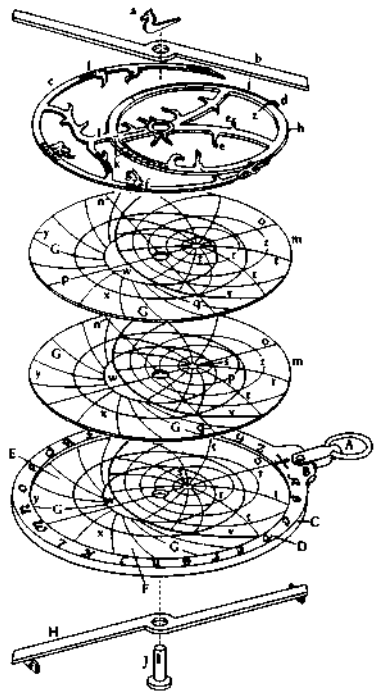


FIG. 11.8. *Una vista «desplegada» del astrolabio.* Cortesía de J. D. North. Originalmente publicado en J. D. North, *Chaucer's Universe*, pág. 41.

- *a* Caballo (o cuña acabada en una cabeza de caballo)
- *b* Regla
- *c* Rete [red]
- *e* Indicadores de estrellas
- *h* Círculo eclíptico
- *k* Líneas de demarcación de los signos del zodíaco
- *m* Clima
- *r* Almicantarats (círculos de igual altura)
- *s* Cenit
- *t* Líneas de igual acimut
- *v* Línea del horizonte
- *w* Trópico de Cáncer
- *x* Ecuador
- *y* Trópico de Capricornio
- *C* Madre
- *G* Líneas de ángulo horario
- *H* Alidada (con pínulas)
- *P* Perno

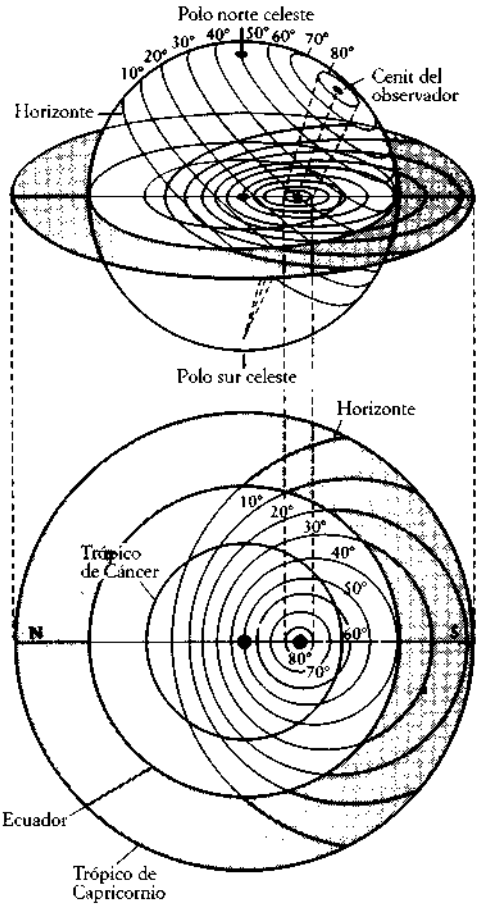


FIG. 11.9. *Proyección estereográfica de los almicantarats.* Los círculos de igual altura (arriba) están proyectados sobre el plano del horizonte que pasa por el ecuador de la esfera celeste, como serían vistos por un observador situado en el polo sur celeste. Estos círculos de igual altura o almicantarats, junto con las líneas de igual acimut, eran las principales características del «clima» del astrolabio. Cortesía de J. D. North. Originalmente publicado en North, *Chaucer's Universe*, pág. 53.

los primeros críticos fue Ibn al-Haytam († ca. 1040, conocido en Occidente como Alhacén), que se opuso al uso del ecuante de Ptolomeo argumentando que violaba el principio del movimiento uniforme. Ibn al-Haytam también intentó una interpretación física de las excéntricas y epiciclos ptolemaicos siguiendo la línea desarrollada por el propio Ptolomeo en su obra *Las hipótesis de los planetas*. Se trató de un intento de unificar los enfoques matemático y físico de los fenómenos astronómicos, es decir, de integrar las técnicas matemáticas del *Almagesto* con el esquema físico de *Las hipótesis de los planetas* de modo más completo y con más éxito que el propio Ptolomeo. La idea básica era atribuir a cada una de las esferas planetarias el espesor necesario para que pudiera contener dentro de sí una excéntrica o anillo, por el cual pasaría el epiciclo del planeta.

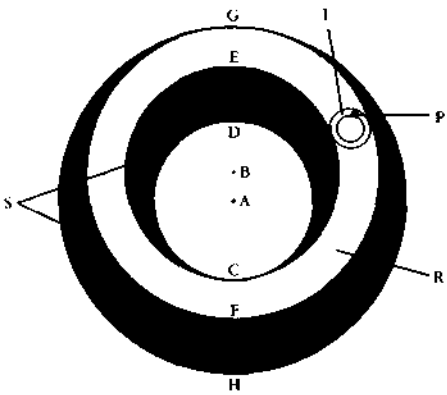


FIG. 11.10. *Modelo de la esfera sólida construido por Ibn al-Haytam del deferente y epiciclo ptolemaico.*

En la figura 11.10, el grosor del espacio, S, está limitado por las superficies esféricas CD y GH. A es el centro del universo, en el que está situada la Tierra. Abriéndose camino por la esfera, y excéntrico respecto a ella, está el anillo R, centrado en B y limitado por las superficies CE y FG. Situado dentro del anillo está el epiciclo I, que lleva el planeta P. Toda la esfera rota sobre su centro A diariamente, llevando el anillo consigo. Mientras tanto, el epiciclo «rueda» por el anillo con el periodo sideral del planeta (el tiempo que necesita el planeta para completar un circuito de la eclíptica), y el planeta es llevado a través del anillo por el epiciclo rotatorio. Para cada uno de los restantes planetas se requieren caparazones esféricos similares. Si todas las esferas están estrechamente encajadas, una dentro de otra, tenemos un modelo físico del sistema planetario que incorpora los elementos fundamentales de la astronomía planetaria ptolemaica, a la vez que ofrece una interpretación tolerable del sistema de esferas concéntricas de Aristóteles.[32]

El ataque a Ptolomeo fue especialmente contundente en la España del siglo XII, donde una serie de estudiosos, incluidos Ibn Bāŷŷa (Avempace), Ibn Ţufayl, Ibn Rušd (Averroes) y al-Bitrŭŷī (Alpetragius), criticaban los modelos planetarios de Ptolomeo basándose en que eran físicamente imposibles. Estos estudiosos exigían una astronomía consistente con la física aristotélica. Ibn Rušd (1126-1198) atacaba el uso de las excéntricas, epiciclos y especialmente el ecuante, afirmando que no nos dicen nada sobre la

32. Sobre la obra astronómica de Ibn al-Haytam, véanse A. I. Sabra, «Ibn al-Haytham», *Dictionary of Scientific Biography*, 6, págs. 197-199; y Sabra, «An Eleventh Century Refutation of Ptolemy's Planetary Theory».

realidad física. Urgía a volver, en su lugar, a las esferas concéntricas de Aristóteles. Al-Bitrūǧī (fl. 1190) fue mucho más allá que Ibn Rušd en su esfuerzo (en última instancia sin éxito) de mostrar cómo un simple sistema de esferas concéntricas podía proporcionar predicciones comparables a las de la astronomía ptolemaica. En el esquema de al-Bitrūǧī, existe un conjunto de simples esferas concéntricas, una por cada planeta. Todas rotan uniformemente de este a oeste con un movimiento propagado hacia dentro por el *primum mobile*, disminuyendo a medida que baja (y por tanto eliminando la necesidad de los movimientos de este a oeste y de oeste a este que muchos filósofos naturales hallaban inadecuados a la cosmología aristotélica). Para explicar las irregularidades observadas en los movimientos planetarios, al-Bitrūǧī permitía que cada planeta se arrastrara por la superficie de su esfera (con un movimiento gobernado por lo que ha sido descrito como un deferente y epiciclo trazados sobre la superficie de la esfera).[33]

La astronomía en Occidente

Durante la Edad Media inicial, Occidente no tenía acceso a las fuentes griegas de la astronomía matemática: las obras de Hiparco, Ptolomeo y otros. Sin duda se entendía que la astronomía tenía que ser un arte matemático, miembro del cuadrivio matemático, pero la astronomía matemática realmente conocida por los primeros estudiosos medievales era mínima. Autores como Plinio, Marciano Capella e Isidoro de Sevilla proporcionaban una descripción elemental de la esfera celeste y de sus círculos más importantes, así como de los siete planetas y de su movimiento de oeste a este a lo largo de la banda del zodíaco, incluido el movimiento retrógrado, y del movimiento de Mercurio y Venus ligado al Sol. La habilidad para tratar problemas de cronología y del calendario también era un arte bien desarrollado. Pero el conocimiento de los modelos ptolemaicos o cualquier otro esquema para la práctica de una astronomía matemática seria era inexistente.[34]

33. A. I. Sabra, «Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy». Roger Arnaldez y Albert Z. Iskandar, «Ibn Ruhsd», *Dictionary of Scientific Biography*, 12, 3-5. Al-Biṭrūǧī, *On the Principles of Astronomy*, comp. y trad. de Bernard R. Goldstein.

34. Sobre los inicios de la astronomía medieval, véanse los primeros items de Bruce S. Eastwood, *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes*; Eastwood, «Plinian Astronomical Diagrams in the Early Middle Ages»; Stephen C. McCluskey, «Gregory of Tours, Monastic Timekeeping, and Early Christian Attitudes to Astronomy»; y Claudia Kren,

El estado del conocimiento astronómico de Occidente fue radicalmente modificado en los siglos x y xi por el contacto con el Islam, principalmente a través de España. Es seguro que Gerberto de Aurillac (ca. 945-1003) tuvo algo que ver con esto. Es posible que volviera de sus estudios en el norte de España llevando consigo tratados astronómicos. Independientemente de los detalles exactos, estos primeros contactos trajeron al cristianismo un instrumento astronómico versátil, el astrolabio, junto con el conocimiento matemático necesario para su manejo. En el siglo xi, circularon varios tratados sobre la construcción y el uso del astrolabio, traducidos del árabe al latín. A su vez, el astrolabio fue responsable de una reorientación de la astronomía occidental desde los intereses cualitativos a los cuantitativos.[35]

Sin embargo, la astronomía cuantitativa seria requería un cuerpo importante de datos observacionales. Sabemos que, a principios del siglo xii, los estudiosos europeos habían empezado a reunir de primera mano este tipo de datos. Pero los conjuntos de datos mayores y más útiles se obtuvieron a partir de la traducción de fuentes árabes. Las tablas astronómicas de al-Jwārizmī († después del 847), junto con las instrucciones (*cánones*) para su uso, fueron traducidas por Adelardo de Bath en 1126. Las *Tablas toledanas* (compiladas en Toledo por al-Zarqālī durante el siglo xi) se tradujeron un poco más tarde.[36] Estas tablas traducidas constituían tesoros de información astronómica cuantitativa, pero habían sido construidas para épocas anteriores y para otros lugares que aquellos en los que tenían que usarse. En consecuencia, exigían una adaptación, un trabajo realizado por varios estudiosos del siglo xii, incluidos Raymond de Marsella y Robert de Chester. En su obra hallamos los inicios de una tradición de astronomía matemática genuinamente occidental.

Aunque los instrumentos y tablas de datos astronómicos fueran necesarios para la práctica de la astronomía matemática, no eran suficientes. Un tercer elemento necesario era la teoría astronómica. Las instruc-

«Astronomy», en David L. Wagner (comp.), *The Seven Liberal Arts in the Middle Ages*, págs. 218-247.

35. Mi modo de entender la astronomía occidental debe mucho a la obra de Olaf Pedersen, especialmente a su «Astronomy», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, págs. 303-336; «Corpus Astronomicum and the Traditions of Medieval Latin Astronomy»; y Olaf Pedersen y Mogens Pihl, *Early Physics and Astronomy: A Historical Introduction*, cap. 18.

36. Sobre las *Tablas toledanas*, véanse G. J. Toomer, «A Survey on Toledan Tables»; y Ernst Zinner, «Die Tafeln von Toledo».

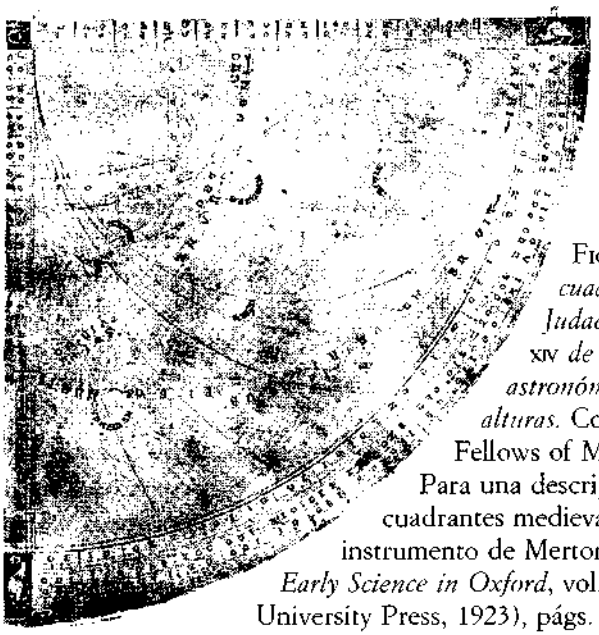


FIG. 11.11. *El «nuevo cuadrante» de Profatius Judaeus, un ejemplar del siglo* XIV *de un instrumento astronómico usado para medir alturas.* Cortesía del Warden and Fellows of Merton College, Oxford. Para una descripción de varios cuadrantes medievales, incluido el instrumento de Merton, véase R. T. Gunther, *Early Science in Oxford*, vol. 2 (Oxford, Oxford University Press, 1923), págs. 165-175.

ciones que acompañaban un conjunto de tablas podían proporcionar una pista de sus bases teóricas, pero se trataba de algo poco claro y limitado en cantidad. Se necesitaban tratados de astronomía teórica, que presentaran los modelos matemáticos que subyacían a los datos y a los cálculos. Y de nuevo fueron proporcionados por la traducción, en este caso del árabe y del griego. El manual elemental de astronomía ptolemaica de al-Farghānī fue traducido en 1137 por Juan de Sevilla como *Los rudimentos de la astronomía*. En la segunda mitad del siglo XII, las obras más técnicas de Tābit ibn Qurra, Ptolomeo y otros ya estaban disponibles. El *Almagesto* de Ptolomeo fue traducido al latín dos veces, una del griego y posteriormente (por Gerardo de Cremona) del árabe. Los textos astrológicos que aparecieron más o menos al mismo tiempo contribuyeron al interés por la teoría astronómica y los cálculos. De hecho, la necesidad de cálculos astronómicos por parte de los astrólogos, junto con la creciente conexión entre astrología y medicina, ayudan a explicar el crecimiento de los estudios astronómicos.

A finales del siglo XII, los textos astronómicos más importantes estaban disponibles en latín. La historia de la astronomía occidental desde este punto en adelante es la historia del creciente dominio y progresiva difusión del conocimiento astronómico, principalmente en las universida-

FIG. 11.12. *Un astrónomo observando con un astrolabio.* París, Bibliothèque de l'Arsenal, MS 1186, fol. 1v (siglo XIII).

des. Una de las necesidades de las universidades eran los libros de texto que pusieran las complejidades de la astronomía ptolemaica al alcance de los estudiantes. Naturalmente, podía usarse un tratado introductorio como *Los rudimentos de la astronomía* de al-Farghānī. Pero los maestros de las universidades elaboraron pronto sus propios libros.

Uno de los primeros y más populares fue *La esfera* de Juan Sacrobosco (John of Holywood), escrito en París hacia mediados del siglo XIII. Esta obra, que continuaba siendo comentada y usada como manual universitario incluso ya en el siglo XVII, contenía una exposición elemental de la astronomía esférica y unas pocas indicaciones sobre los movimientos planetarios. Por ejemplo, Sacrobosco describía el movimiento de oeste a este del Sol a lo largo de la eclíptica a razón aproximadamente de 1°/día. Hacía notar que todos los planetas excepto el Sol eran llevados por un epiciclo, que a su vez era llevado por un círculo deferente, y explicaba cómo el modelo epiciclo-deferente da cuenta del movimiento de retro-

gradación. Además atribuía los eclipses lunares y solares, respectivamente, a las sombras proyectadas por la Tierra y la Luna. Su astronomía planetaria no iba más allá.[37]

Obviamente, *La esfera* de Sacrobosco se proponía proporcionar únicamente el conocimiento astronómico más elemental, quizá para provecho de los estudiantes interesados en la cronología, la cronometría y la construcción del calendario («computus»). Otro tratado, la *Theorica planetarum* (*Teoría de los planetas*), escrito un poco más tarde por un autor anónimo, posiblemente también un profesor parisino, elevó la discusión de la teoría planetaria a un nivel mucho más alto. La *Theorica* resumía lo básico de la teoría ptolemaica para cada uno de los planetas, completando la descripción con diagramas geométricos. Por ejemplo, el movimiento del Sol alrededor de la eclíptica se explicaba como el resultado del movimiento uniforme de oeste a este sobre un círculo deferente excéntrico a razón de 59'8" (poco menos de 1°) por día; mientras que la excéntrica era llevada uniformemente de este a oeste a razón de una rotación completa por día por el «universo» o esfera estelar. En el modelo para los planetas superiores —Marte, Júpiter y Saturno— el planeta P (figura 11.13.) se mueve uniformemente a lo largo del epiciclo de oeste a este, mientras que el centro del epiciclo se mueve en el mismo sentido alrededor del deferente. El movimiento del epiciclo alrededor del deferente es uniforme con respecto al punto ecuante Q. El centro del deferente está a mitad de camino entre el punto ecuante y el centro de la Tierra.[38] Parece que la *Theorica* se convirtió rápidamente en el libro de texto estándar de la teoría astronómica, asentando firmemente los modelos ptolemaicos contra cualquier rival posible y fijando la terminología astronómica durante varios siglos.

Un problema serio planteado por la consolidación de la teoría ptolemaica era cómo armonizarla con la cosmología aristotélica. Los estudiosos pensaron que los círculos excéntricos y epiciclos de la astronomía ptolemaica no eran fácilmente reconciliables con las esferas concéntricas aristotélicas o con los principios de la filosofía natural de Aristóteles. Cualquie-

37. Thorndike, *Sphere of Sacrobosco*, proporciona el texto latino de este tratado, una traducción inglesa y una introducción muy útil. Sacrobosco también compuso un tratado sobre aritmética y otro sobre el calendario, véase *ibid.*, págs. 3-4.

38. Para los planetas restantes, véase Pedersen, «Astronomy», págs. 316-318; también la traducción de Pedersen de la *Theorica* en Edward Grant (comp.), *A Source Book in Medieval Science*, págs. 451-465.

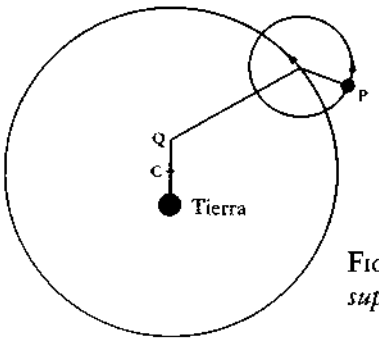


FIG. 11.13. *Modelo para uno de los planetas superiores, según la* Theorica planetarum.

ra que necesitara ayuda para percibir la magnitud del problema podía encontrarla en el ataque de Averroes a la parafernalia de la astronomía ptolemaica. El único sistema para conseguir éxito desde un punto de vista cuantitativo parecía cuestionable desde un punto de vista físico o filosófico. En los siglos XIII y XIV, cuando los estudiosos exploraron el estatus de las afirmaciones astronómicas o buscaban posiciones de compromiso, se le dio muchas vueltas a esta cuestión. Los astrónomos que, inevitablemente, exigían resultados cuantitativos, no tenían más elección que mantener los modelos ptolemaicos. Para algunos de los que se inclinaban más por la filosofía, la idea de crear una astronomía cuantitativamente exacta sobre principios aristotélicos siguió siendo un ideal difícil de alcanzar.[39]

La versión del sistema ptolemaico de esferas sólidas, desarrollado por Ibn al-Haytam, apareció en el siglo XIII. Roger Bacon, que escribía en la década de 1260, parece haber sido el primer estudioso occidental en hacer un análisis completo de este esquema. Y, después de él, parece que entre los franciscanos hubo una racha de gran interés, porque Bernardo de Verdún y Guido de Marchia (ambos franciscanos) dieron descripciones de éste. La idea parece estar implícita también en ciertas obras astronómicas del periodo como la de Campanus de Novara, pero no llegó a ser de nuevo objeto de debate cosmológico serio hasta que fue recogido por Georg Peuerbach, uno de los estudiosos vieneses que contribuyó a la revitalización de la astronomía en el siglo XV.[40]

39. Véase, por ejemplo, Claudia Kren, «Homocentric Astronomy in the Latin West: The *De reprobatione ecentricorum et peiciclorum* of Henry of Hesse».

40. Para la explicación de Bacon, véase Pierre Duhem, *Un fragment inédit de l'Opus tertium de Roger Bacon, précédé d'une étude sur ce fragment*, págs. 128-137. Sobre Ber-

Una de las cosas que la *Theorica* no hacía era enseñar el contenido cuantitativo de la astronomía ptolemaica o los medios para hacer cálculos astronómicos reales. Esta función empezaron a cumplirla las *Tablas toledanas* y posteriormente, poco después de 1275, las *Tablas alfonsinas* (elaboradas en la corte de Alfonso X de Castilla), que frecuentemente iban adjuntas a la *Theorica*. Las *Tablas alfonsinas* (figura 11.14) sirvieron como guía estándar para la práctica de la astronomía matemática hasta que se enfrentaron a nuevas competidoras en el siglo XVI.[41]

Mientras que un nivel modesto de conocimiento astronómico elemental puede haber llegado a ser común entre los que tenían educación universitaria, el conocimiento avanzado del tipo representado por las *Tablas toledanas* o las *Tablas alfonsinas*, o incluso por la *Theorica*, siguió siendo bastante raro. Las universidades raramente exigían el conocimiento astronómico para conseguir un título en artes, aunque frecuentemente era posible cierta instrucción en astronomía (usualmente en forma de clases sobre la *Theorica*, ocasionalmente mediante clases sobre el *Almagesto* de Ptolomeo). Sin embargo, del escaso relieve de la astronomía en el currículum universitario no se sigue que la astronomía estuviera estancada. De hecho, a pesar de la relativa escasez de profesionales, el conocimiento de la astronomía matemática entre los que la practicaban llegó a ser progresivamente más sofisticado. En los siglos XV y XVI, a partir de esta tradición medieval surgieron astrónomos de la talla de Johannes Regiomontanus y Nicolás Copérnico.[42]

---

nardo, véase Claudia Kren, «Bernard de Verdun», *Dictionary of Scientific Biography*, 2, págs. 23-24. La referencia a Guido de Marchia la debo a mi colega Michael Shank.

41. Extractos de las *Tablas alfonsinas* han sido traducidos y anotados por Victor E. Thoren, en Grant, *Source Book*, págs. 465-487. Sobre las *Tablas toledanas* y las *Tablas alfonsinas*, véase también North, *Chaucer's Universe*, págs. 147-153. Tanto Thoren como North proporcionan un ejemplo de cálculo.

42. No existe ninguna historia de la astronomía de la Edad Media tardía. Para indicaciones útiles véanse las siguientes obras de J. D. North, *Richard of Wallinford. An Edition of his Writtings with Introductions, English Translation and Commentary*, 3 vols.; «The Alfonsine Tables in England», en North, *Stars, Minds and Fate: Essays in Ancient and Medieval Cosmology*, págs. 327-359; y *Chaucer's Universe*. Sobre la astronomía medieval judía (que frecuentemente interactuaba con la astronomía latina), véanse los artículos recogidos en Bernard R. Goldstein, *Theory and Observation in Ancient and Medieval Astronomy*. Sobre Regiomontano y Copérnico, véase Noel M. Swerdlow y Otto Neugebauer, *Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus*.

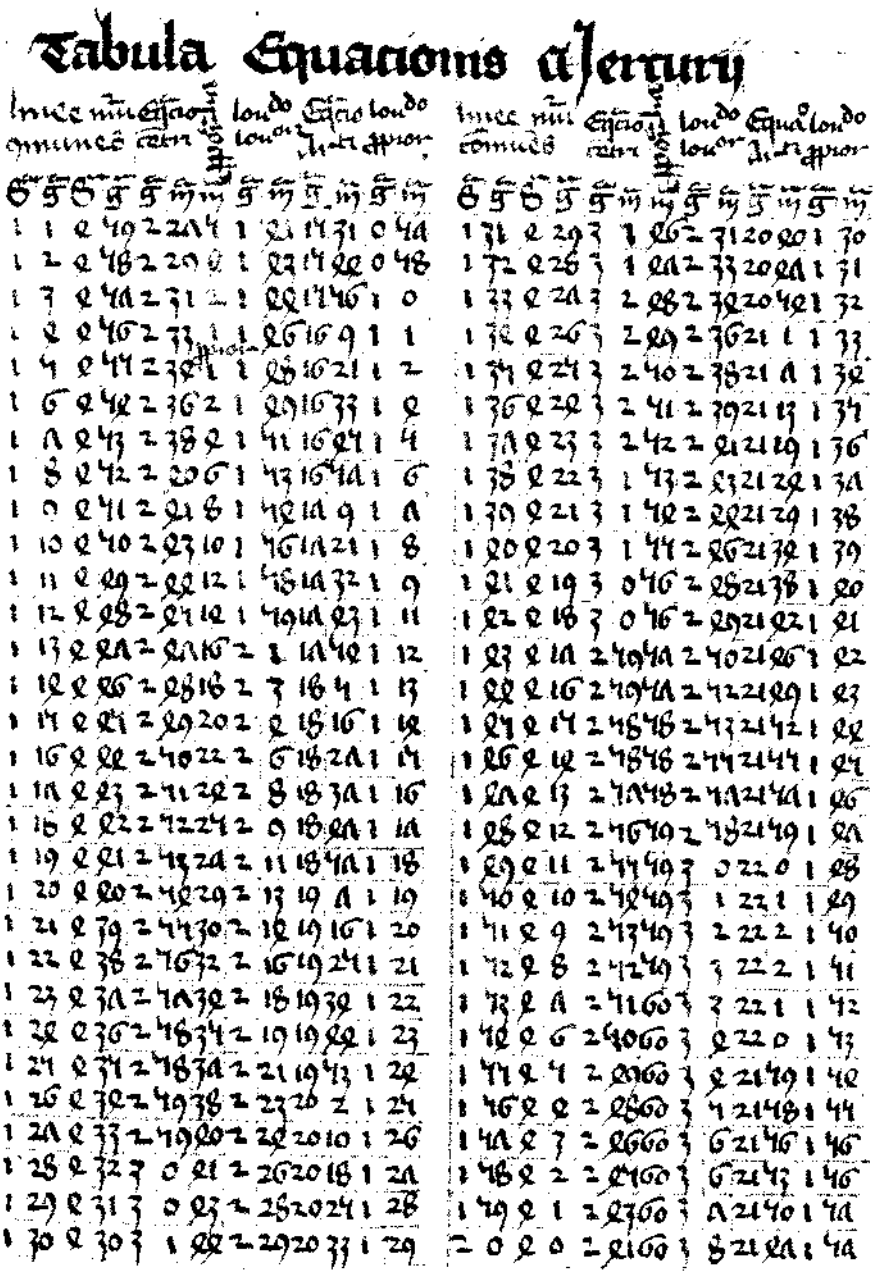


FIG. 11.14. *Las Tablas alfonsinas. Un página de la tabla para Mercurio.* Houghton Library, Harvard University, fMS Typ 43, fol. 46r (ca. 1425). Con permiso de la Houghton Library.

La astrología

La historia de la astrología se ha visto afectada por una tendencia entre los historiadores a juzgar con mucha dureza su puesta en práctica, como un ejemplo de ideas primitivas, irracionales o supersticiosas, promovidas por tontos y charlatanes. *Había* charlatanes, desde luego, como los críticos medievales nunca se cansan de señalar. Pero la astrología medieval también tenía un lado intelectualmente serio, y no debemos permitir que nuestra actitud hacia ella se vea afectada por la escasa consideración de la que goza hoy. Los estudiosos medievales consideraban la teoría y la práctica astrológica con criterios de racionalidad *medievales* y por la evidencia *contemporánea* a la que tenían acceso. Y sólo haciendo lo mismo podemos esperar entender la importancia y la suerte cambiante de la astrología durante la Edad Media.[43]

Puede ayudar el que empecemos por distinguir entre 1) la astrología como un conjunto de creencias sobre la influencia física dentro del cosmos y 2) la astrología como el arte de hacer horóscopos, determinar los momentos propicios y cosas parecidas. La primera era una rama respetable de la filosofía natural, cuyas conclusiones raramente eran puestas en cuestión. La última, por el contrario, era vulnerable a una variedad de objeciones (empíricas, filosóficas y teológicas) y siguió siendo objeto de discusión a lo largo de toda la Edad Media. Aunque aludiremos a la astrología en el segundo sentido, es la astrología como un aspecto de la física cósmica la que nos interesa de modo primario.

Había razones apremiantes para creer que los cielos y la tierra estaban físicamente conectados. En primer lugar, había datos observacionales que hacían la conexión obvia. Nadie podía dudar de que los cielos eran la mayor fuente de luz y calor en la región terrestre. Las estaciones estaban

43. Sobre la astrología antigua, véanse Jim Tester, *A History of Western Astrology*; Olaf Pedersen, «Astrology», *Dictionary of the Middle Ages*, 1, págs. 604-610 (Pedersen incluye una buena bibliografía); A. A. Long, «Astrology: Arguments Pro and Contra»; Theodore Otto Wedel, *The Mediaeval Attitude toward Astrology Particularly in England*; Franz Cumont, *Astrology and Religion among the Greeks and Romans*; J. D. North, «Celestial Influence -the Major Premiss of Astrology»; North, «Astrology and the Fortunes of Churches»; Edward Grant, «Medieval and Renaissance Scholastic Conceptions of the Influence of the Celestial Region on the Terrestrial»; Lewis, *Discarded Image*, págs. 102-110; y los artículos incluidos en Patrick Curry (comp.), *Astrology, Science and Society: Historical Essays* (especialmente el de Richard Lemay, «The True Place of Astrology in Medieval Science and Philosophy»).

claramente conectadas con el movimiento solar a lo largo de la eclíptica. Las mareas estaban aparentemente conectadas con el movimiento lunar. Y parecía bastante claro, una vez que la brújula hizo su aparición (a finales del siglo XII), que los polos de la esfera celeste ejercían una influencia magnética en ciertos minerales.

Los argumentos observacionales de este tipo se veían reforzados por las creencias religiosas tradicionales. La asociación de los cielos con la divinidad y la idea de que la divinidad ejercía influencia en el ámbito terrestre eran características destacadas de las religiones antiguas. La creencia de que los eventos estelares y planetarios eran presagios (signos más que causas) de eventos terrestres estaba muy extendida en la antigua Mesopotamia, donde la lectura de los presagios se convirtió en un arte especializado, que exigía cierto conocimiento astronómico. Dichas creencias fueron gradualmente enriquecidas y transformadas por la adición de nuevos elementos, incluida la noción de que la configuración celeste en el momento de la concepción o del nacimiento de una persona podía usarse como medio para predecir ciertos detalles de la vida de esta persona (véase el capítulo 1).[44]

En la cultura griega, las ideas astrológicas obtuvieron apoyo de varios sistemas filosóficos. En el *Timeo*, el Demiurgo de Platón delega explícitamente en los planetas o deidades planetarias la tarea de hacer nacer las cosas de la región sublunar, y esto sugería la posibilidad de una relación permanente. Platón también insistía en la unidad del cosmos, incluido el paralelo entre el cosmos como un todo y los individuos humanos (la analogía macrocosmos-microcosmos). En el cosmos de Aristóteles, el motor inmóvil era la fuente no simplemente de los movimientos de las esferas celestes, sino también del movimiento y cambio en la región sublunar. En su análisis de los fenómenos meteorológicos, Aristóteles afirmaba que la región terrestre «tiene una cierta continuidad con los movimientos superiores [celestes]; en consecuencia todo su poder deriva de ellos». En otro lugar, atribuye los cambios estacionales, así como la generación y la corrupción en el ámbito terrestre, al movimiento del Sol a lo largo de la eclíptica. Finalmente, los estoicos, con su visión de un cosmos activo y orgánico caracterizado por la unidad y la continuidad, parecen haber asumido y defendido la ciencia de la astrología. Debería resultar claro, por

44. Sobre la astrología de Mesopotamia, véanse B. L. Van der Waerden y Peter Huber, *Science Awakening, II: The Birth of Astronomy*, cap. 5; y Richard Olson, *Science Deified and Science Defied: The Historical Significance of Science in Western Culture*, págs. 34-56.

tanto, que la astrología en su forma física y cosmológica era la investigación empírica y racional de las conexiones causales entre los cielos y la Tierra. Casi cualquier filósofo antiguo habría considerado extraordinariamente estúpido negar la existencia de tales conexiones.[45]

Ptolomeo es un excelente ejemplo, excelente no sólo porque afrontó la cuestión plena y claramente, sino debido a que ejerció una poderosa influencia en las tradiciones astrológicas islámica y occidental. En su manual astrológico, *Tetrabiblos*, Ptolomeo acepta que los pronósticos astrológicos no pueden compararse en certeza con las demostraciones astronómicas. No obstante, afirma la existencia de fuerzas celestes y la validez de los pronósticos astrológicos de tipo general. Está claro para todos, afirma,

> que un cierto poder emanante de la sustancia etérea eterna [...] permea toda la región en torno a la Tierra [...] Pues el Sol [...] está siempre afectando de algún modo todo lo que hay sobre la Tierra, no sólo por los cambios que acompañan a las estaciones del año para producir la generación de animales, la productividad de las plantas, el fluir de las aguas y los cambios de los cuerpos, sino también por sus revoluciones diarias que proporcionan calor, humedad, sequía y frío en un orden regular y en correspondencia con sus posiciones relativas con el cenit. La Luna, también, [...] dispensa su efluvios más abundantemente sobre las cosas mundanas, pues la mayoría de ellas, animadas o inanimadas, están en simpatía con ella y cambian en su compañía. Además, los pasos de las estrellas fijas y de los planetas por el cielo a menudo significan condiciones del aire de calor, viento o nieve, y las cosas mundanas se ven afectadas de acuerdo con ello.

El profesional que entiende estas influencias y que también conoce a fondo los movimientos celestes y las configuraciones debería ser capaz de predecir una amplia variedad de fenómenos naturales:

> Si, por tanto, un hombre conoce con precisión los movimientos de todas las estrellas, el Sol, la Luna, [...] y si ha distinguido en general sus naturalezas como el resultado del estudio previo continuo [...]; y si a la vista de todos estos datos es capaz de determinar, científicamente y por conjeturas acertadas, la marca distintiva de la cualidad que resulta de la combinación de todos los factores, ¿qué le impedirá ser capaz de decir, en cada ocasión

45. La cita de Aristóteles es de los *Meteorológicos*, I, 2, trad. de E. W. Webster, en *The Complete Works of Aristotle*, Jonathan Barnes (comp.), pág. 555.

> concreta, las características del aire a partir de las relaciones de los fenómenos en ese momento, por ejemplo que será más caliente o más húmedo? ¿Por qué asimismo, con respecto a un hombre individual, no puede también percibir la cualidad general de su temperamento a partir de la atmósfera en el momento de su nacimiento, como por ejemplo que será así y asá de cuerpo y así o asá de alma, y predecir eventos ocasionales, usando el hecho de que tal y tal atmósfera está en armonía con tal y tal temperamento y es favorable a la prosperidad, mientras otra no está en armonía y resulta nociva?[46]

En la filosofía helenística flotaba un cierto sentimiento antiastrológico y posteriormente también en las tradiciones islámica y cristiana. Sin embargo, el objetivo del ataque no era la creencia en la realidad de la influencia celeste, sino la amenaza de determinismo y (entre los padres de la Iglesia) la atribución de la divinidad a las estrellas y planetas. La voz más influyente dentro de la cristiandad fue la de Agustín (354-430), el cual atacó la astrología vulgar como una actividad fraudulenta, practicada por impostores. Pero su mayor interés se debía a lo que él consideraba una tendencia hacia el fatalismo o determinismo en la teoría astrológica. La libertad de la voluntad debía ser protegida a cualquier precio, pues de otro modo no habría responsabilidad humana. Agustín apelaba frecuentemente al «problema de los gemelos» (que no había inventado él), señalando que los gemelos, concebidos en el mismo instante y nacidos casi simultáneamente, a menudo sufrían destinos radicalmente diferentes. Pero Agustín abría la puerta a la posibilidad de la influencia física, en la medida en que sostenía que afectaba sólo al cuerpo, cuando escribió:

> No es totalmente absurdo decir, con referencia sólo a las diferencias físicas, que hay ciertas influencias siderales [es decir, estelares]. Vemos que las estaciones del año cambian con la aproximación y el alejamiento del Sol. Y con el crecer y decrecer de la Luna vemos crecer y reducirse ciertas clases de cosas, tales como los erizos de mar y las ostras, y las maravillosas mareas del océano. Pero las elecciones de la voluntad no están sujetas a las posiciones de las estrellas.[47]

46. Ptolomeo, *Tetrabiblos*, I, 2, comp. y trad. de F. E. Robbins, págs. 5-13 (con un cambio en la redacción). Sobre la astrología de Ptolomeo, véanse también Tester, *History of Western Astrology*, cap. 4; y Long, «Astrology: Arguments Pro and Contra», págs. 178-183.

47. Agustín, *City of God*, V.6, trad. de William H. Green (Londres: Heinemann, 1963), vol. 2, pág. 157. Sobre la actitud de Agustín hacia la astrología, véanse también sus

La polémica antiastrológica de Agustín y otros padres de la Iglesia ayudó a crear un clima de opinión hostil hacia la astrología durante la Edad Media inicial. En la literatura medieval antigua encontramos regularmente la condena de la práctica de la astrología horoscópica, a menudo acompañada, sin embargo, de la admisión de la realidad de las fuerzas celestes y de su influencia sobre una variedad de fenómenos terrestres.[48]

El florecimiento de la filosofía platónica y la recuperación de los escritos astrológicos griegos y árabes en el siglo XII llevó a un resurgimiento del interés por la astrología y a una actitud más favorable hacia sus doctrinas. Cualquier sugerencia de determinismo astrológico seguía siendo anatema, desde luego, pero las afirmaciones sobre la realidad de la influencia estelar y planetaria y la posibilidad de pronósticos astrológicos acertados ahora se convirtieron en un lugar común. Por ejemplo, en su influyente *Didascalicon* (escrito a finales de la década de 1120) Hugo de San Víctor († en 1141) expuso su aprobación de la parte «natural» de la astrología, que trata del «temperamento o "complexión" de las cosas físicas, como la salud, la enfermedad, la tormenta, la calma, la productividad y la ociosidad, que varían con los alineamientos mutuos de los cuerpos astrales». Un autor anónimo que escribió hacia finales del siglo XII o principios del XIII señaló que «no creemos en la deidad de las estrellas o de los planetas, ni los adoramos, pero creemos en, y adoramos a, su Creador, el Dios omnipotente. Sin embargo, creemos que el Dios omnipotente dotó a los planetas con el poder que los antiguos suponían que procedía de las propias estrellas». Otro autor del siglo XII, afrontando la cuestión del determinismo, escribió que «las estrellas [...] pueden producir una aptitud para tener riquezas, nunca el hecho de tenerlas».[49]

La traducción de tratados astrológicos del griego y del árabe tuvo una importancia decisiva en la configuración de estas nuevas actitudes. Las

Confesiones, IV.3 y VII.6. Wedel, *Mediaeval Attitude toward Astrology*, págs. 20-24; Joshua D. Lipton, «The Rational Evaluation of Astrology in the Period of Arabo-Latin Translation, ca. 1126-1187 A. D.», págs. 133-135; y Tester, *History of Western Astrology*, cap. 5.

48. Wedel, *Mediaeval Attitude toward Astrology*, cap. 2.

49. *The Didascalicon of Hugh of St. Victor: A Medieval Guide to the Arts*, trad. de Jerome Taylor, pág. 68. Para el texto latino de la segunda cita, véase C. S. F. Burnett, «What is the *Experimentarius* of Bernardus Silvestris? A Preliminary Survey of the Material». Para la tercera cita (posiblemente de Guillermo de Conches), véase Lipton, «Rational Evaluation of Astrology», pág. 145. El estudio de Lipton contiene un análisis muy útil de la astrología del siglo XII; véase también Wedel, *Mediaeval Attitude toward Astrology*, págs. 60-63.

obras más importantes fueron el *Tetrabliblos* de Ptolomeo, traducido en la década de 1130, y la *Introducción a la ciencia de la astrología* de Albumasar, traducida dos veces en las décadas de 1130 y 1140. A estas traducciones se añadieron las de varios tratados astrológicos más breves, y con el tiempo se unieron a éstos las obras de Aristóteles que trataban la cuestión de la influencia celeste. El *Tetrabiblos* proporcionaba una defensa de la creencia en la astrología e introducía a los lectores en algunos de los principios técnicos del arte. Por ejemplo, identificaba los distintos planetas con efectos terrestres específicos: el Sol calienta y seca; la Luna sobre todo humidifica; Saturno básicamente enfría pero también seca; y Júpiter calienta y humidifica con moderación. La influencia de ciertos planetas es favorable, la de otros desfavorable; algunos planetas son masculinos, otros femeninos. El *Tetrabiblos* también explica cómo los poderes de los planetas se fortalecen o debilitan según su disposición geométrica con el Sol (su «aspecto»). Asigna cualidades específicas a los signos del zodíaco. Y explica los rasgos generales de la gente que habita en diferentes regiones del globo terrestre por la «familiaridad» o simpatía entre esas regiones y los planetas y signos del zodíaco que las gobiernan.

La contribución de la *Introducción* de Albumasar fue explicar con detalle los principios astrológicos del *Tetrabiblos* de Ptolomeo y de otra literatura astrológica (incluidas fuentes persas e indias), pero más especialmente fundamentar la astrología sobre los cimientos filosóficos apropiados, integrando la tradición astrológica tradicional con la filosofía natural aristotélica. En la práctica, eso significó la adopción de la metafísica de Aristóteles de la materia, forma y sustancia, así como la afirmación aristotélica de que los cuerpos celestes son la fuente de todo movimiento en la región terrestre y los agentes de la generación y la corrupción. Mediante la influencia planetaria, las formas son impuestas sobre los cuatro elementos para producir las sustancias físicas de la experiencia cotidiana. Los cambios en la configuración planetaria producen un perpetuo ciclo de transmutaciones, nacimiento y muerte, surgimiento y desaparición. La explicación de Aristóteles de la generación y la corrupción se había concentrado en el movimiento del Sol a lo largo de la eclíptica. Albumasar (siguiendo una larga tradición astrológica), a la vez que daba prioridad al Sol, incluía a los restantes planetas, así como a su relación geométrica con el Sol y los signos del zodíaco, en el marco causal.[50]

50. Lemay, *Abu Ma'shar*, págs. 41-132; David Pingree, «Abū Ma'shar al-Balkhī», *Dictionary of Scientific Biography*, 1, págs. 32-39.

FIG. 11.15. *El astrólogo árabe Albumasar o Abū Ma'shar, es de suponer que sosteniendo su* Introducción a la ciencia de la astrología. París, Bibliothèque Nationale, MS Lat. 7330, fol. 41v (siglo XIV).

Naturalmente, la aristotelización de la astrología vino promovida por la adquisición de las obras del propio Aristóteles a lo largo del siglo XII. Durante el siglo XIII, la creencia astrológica arraigó y se convirtió en una parte estándar de la visión medieval del mundo. La astrología también pasó a estar estrechamente asociada con la práctica de la medicina. Ningún médico reputado de la Edad Media tardía hubiera podido concebir que la medicina pudiera practicarse con éxito sin ella.[51] Los filósofos y los teólogos seguían estando preocupados por el determinismo astrológico —un tema que afloró en la condena de 1277— y los practicantes de la astrología eran regularmente denunciados como charlatanes. Pero incluso los más vigorosos oponentes de la astrología estaban dispuestos a aceptar la realidad de la influencia celeste. Nicolás de Oresme, que escribió obras enteras atacando la astrología, admitió que la parte de la astrología que trata de los acontecimientos de gran alcance, tales como «plagas, mortandades, hambruna, inundaciones, grandes guerras, el nacimiento y caída de los reinos, la aparición de profetas, las nuevas religiones, y cambios similares, [...] pueden ser y son suficientemente bien conocidos pero sólo en términos generales. Especialmente, no podemos conocer en qué país, en qué mes, mediante qué personas, o bajo qué condiciones, sucederán tales cosas». En cuanto a la influencia de los cielos sobre la salud y la enfermedad, «podemos conocer una cierta medida en lo que respecta a los efectos que se siguen del curso del Sol y de la Luna, pero más allá de esto, poco o nada».[52] La astrología como un aspecto de la filosofía natural florecería hasta el siglo XVII y más tarde.

51. Véase, por ejemplo, Nancy G. Siraisi, *Taddeo Alderotti and His Pupils: Two Generations of Italian Medical Learning*, págs. 140-145.

52. G. W. Coopland, *Nicole Oresme and the Astrologers*, págs. 53-57. Sobre Oresme, véase también Stefano Caroti, «Nicole Oresme's Polemic against Astrology in his "Quodlibeta"», en Curry, *Science and Society*, págs. 75-93.

Capítulo 12

La física de la región sublunar

La decisión de emplear el término «física» en el título de este capítulo no deja de ser aventurada. El riesgo es que los lectores identifiquen la física medieval con la física moderna debido al nombre compartido. En este caso, sería natural que estos lectores concluyeran que los físicos medievales intentaban ser físicos modernos, pero con un éxito limitado, y que la física medieval era una versión primitiva o fallida de la física moderna. Y mientras consideremos la física medieval como una física moderna fallida, cerramos la puerta a la posibilidad de captar sus propios propósitos distintivos y sus notables logros.

El hecho es que la física medieval era un sistema teórico extraordinariamente coherente por derecho propio, que alcanzó considerable éxito en responder a las preguntas a las que se enfrentó. Y esas preguntas, en general, eran preguntas más amplias que las que interesan a un físico moderno. La amplitud de la física medieval se pone de manifiesto cuando examinamos la terminología medieval relevante. Los sustantivos latinos *physica* y *physicus* (que significan «física» y «físico», respectivamente) derivan del término griego *physis*, usualmente traducido como «naturaleza». Para Aristóteles (cuya influencia aquí era de suma importancia), la *physis* o naturaleza de una cosa era la fuente interna de su carácter o conducta, responsable de todos los cambios naturales que se producían en ella. Naturaleza, en el sentido colectivo, incluía todas las cosas que poseen una naturaleza. Y el físico era la persona que investiga las cosas naturales y los cambios naturales que se producen en ellas; dicho de modo sencillo, el estudiante o filósofo de la naturaleza en todas sus manifestaciones.[1]

1. Sobre las teorías de la «naturaleza» y lo «físico», véase R. G. Collingwood, *The Idea of Nature*; Ivor Leclerc, *The Nature of Physical Existence*.

Eso no quiere decir que no haya continuidades significativas entre la física medieval y la moderna. Algunas de las cuestiones que ocuparon a los investigadores medievales continuaron, con pocos o ningún cambio, ocupando a sus sucesores de los siglos XVI y XVII y más tarde, y la Edad Media hizo importantes aportaciones al vocabulario científico y al marco conceptual de la física moderna inicial. Sin duda, estas continuidades son un tema legítimo e importante de investigación histórica, y nosotros no las ignoraremos totalmente en este capítulo. Pero si la meta es comprender los objetivos y logros del pensamiento *medieval* sobre la naturaleza, no pueden ser nuestro interés primordial.[2] Cuando hemos identificado los elementos de la física medieval que se apropiaron épocas posteriores, nunca debemos sucumbir a la tentación de suponer que, por ello, hemos entendido lo que los propios físicos medievales consideraban las características esenciales de su disciplina.

Materia, forma y sustancia

¿Cuáles eran los principios fundamentales de la física o filosofía natural medieval? Tras la recepción y asimilación de la filosofía de Aristóteles en los siglos XII y XIII, dichos principios eran básicamente aristotélicos, aunque la oscuridad, incompletud e inconsistencia en varios textos aristotélicos en los que se exponían estos principios dejaron un amplio margen para una mayor articulación de la teoría y para la discusión y debate sobre los puntos más delicados. Empecemos por una breve revisión de algunos elementos básicos de la filosofía de Aristóteles.[3]

Según Aristóteles, todos los objetos del ámbito terrestre («sustancias», las llama él) son compuestos de materia y forma. La forma, el principio activo o agente, portador de las propiedades de la cosa individual, está inseparablemente unida a la materia, el receptor pasivo de la forma, para producir un objeto corpóreo concreto. Si el objeto en cuestión es un objeto «natural» (por oposición al producido artificialmente, por un artesa-

2. Sobre la continuidad entre la ciencia medieval y la moderna inicial, véase el capítulo 14.

3. Sobre la filosofía natural aristotélica, véase el capítulo 3 y las referencias proporcionadas allí. Sobre los desarrollos posteriores dentro de la tradición aristotélica, véase Harry Austryn Wolfson, *Crescas' Critique of Aristotle: Problems of Aristotle's «Physics» in Jewish and Arabic Philosophy*; Leclerc, *Nature of Physical Existence*; Norma E. Emerton, *The Scientific Reinterpretation of Form*, caps. 2-3.

no), también tiene una naturaleza (determinada primariamente por su forma, pero secundariamente por su materia), que la dispone para ciertas clases de conducta. Así, el fuego comunica calor, las piedras caen naturalmente (si han sido levantadas de su lugar natural), los bebés crecen y maduran naturalmente y las bellotas se desarrollan naturalmente en robles. Discernimos estas naturalezas a través de una larga y persistente observación. Todo lo que no puede ser producto del azar (debido a la regularidad de su ocurrencia) o del artificio (debido a que ningún artífice tuvo nada que ver con ello) debe ser el resultado de la naturaleza. Dado que las naturalezas son los factores determinantes en todos los casos de cambio natural, son necesariamente del mayor interés para el físico o filósofo natural.

Los seguidores medievales de Aristóteles, completando este esquema, identificaron dos clases de forma: una de ellas asociada con las propiedades esenciales, la otra con las propiedades incidentales. Las características definitorias de una cosa, las que la hacen ser lo que es, expresan lo que dio en llamarse su «forma sustancial». La forma sustancial se combina con la materia prima, absolutamente carente de propiedades, para dar ser o existencia a una sustancia y para dotarla de aquellas propiedades que la hacen la clase de cosa que es. Sin embargo, junto a las propiedades esenciales, toda sustancia tiene propiedades de un tipo incidental, asociadas con la «forma accidental». De este modo, el perro doméstico puede ser de pelo corto o de pelo largo, gordo o flaco, dócil o feroz, puede haber sido enseñado o no, y aún así conservar las características (proporcionadas por su forma sustancial) que nos permiten identificarlo inconfundiblemente como un perro.

La teoría de Aristóteles de la forma, la materia y la sustancia está bien ejemplificada en su teoría de los elementos. Aristóteles aceptaba la posición de sus predecesores, Platón y los presocráticos, que especificaba que los materiales o sustancias familiares de la vida cotidiana no son simples sino complejos. Es decir, las cosas sensibles del mundo sublunar son compuestos o mezclas, reducibles a un pequeño conjunto de raíces o principios fundamentales, llamados «elementos». Aristóteles adoptó la lista de los cuatro elementos de Empédocles y Platón —tierra, agua, aire y fuego— y afirmó que éstos se combinan en distintas proporciones para producir todas las sustancias comunes. Aristóteles coincidía con Platón en que los cuatro elementos no son fijos e inmutables, sino que sufren transmutaciones. Y su teoría de la forma y la materia era el esquema que explicaba cómo esto era posible.

Cada uno de los elementos, afirmaba, es un compuesto de forma y materia. Puesto que la materia en cuestión es capaz de asumir una sucesión de formas, los elementos pueden transformarse unos en otros. Las formas que contribuyen a producir los elementos son las asociadas con las cuatro cualidades primarias o «elementales»: caliente, frío, húmedo y seco. La materia prima informada por la frialdad o la sequedad produce el elemento tierra; la materia prima informada por la frialdad y la humedad produce agua; etc. Pero esta materia prima tiene la capacidad de recibir cualquiera de las cuatro cualidades elementales. Por tanto, si la cualidad de la sequedad de una parte del elemento tierra cede el paso a la humedad mediante la acción del agente adecuado, este trozo de tierra dejará de existir, y una cantidad apropiada del elemento agua tomará su lugar. Aristóteles afirmaba que tales transformaciones están ocurriendo constantemente, y por lo tanto los elementos se transmutan de forma continua unos en otros. Los cambios de este tipo permitieron explicar muchos de los fenómenos familiares que hoy asociamos con las disciplinas de la química y la meteorología.[4]

La teoría básica de la forma-materia se entendía fácilmente, pero su aplicación al mundo real planteaba distintos problemas. El mundo parecía contener una jerarquía de formas y materias, y las definiciones aristotélicas indicadas más arriba funcionaban mejor en unos niveles que en otros. La definición de Aristóteles de la materia como receptor de formas sin cualidad ninguna se adaptaba bien a la constitución de los elementos. La materia que recibe las formas elementales de las cualidades primarias (caliente, frío, húmedo, seco) por sí misma carece totalmente de propiedades, aparte de la capacidad de recibir las formas elementales. Por sí misma, es imperceptible, incognoscible y no tiene existencia real. Aristóteles se refería a ella como «materia prima». Pero las formas accidentales son impuestas a la materia que ya tiene existencia independiente, sustancial. El mármol a partir del cual se hace la estatua existe como una cosa concreta, con una variedad de propiedades (tamaño, figura, color, densidad y dureza), antes de que el escultor lo dote de las formas accidentales que lo convierten en una estatua determinada. Del mismo modo, el pelo que se vuelve cano (sirviendo de este modo como la materia para la forma accidental de la canosidad) ya era una cosa sustancial, con caracte-

4. G. E. R. Lloyd, *Aristotle*, págs. 164-175; Anneliese Maier, «The Theory of Elements and the Problem of Their Participation in Compounds», en Maier, *On the Threshold of Exact Science*, cap. 6.

rísticas específicas, identificables, antes de cambiar de color. La reflexión sobre problemas como éste hicieron que los seguidores antiguos y medievales de Aristóteles afinaran sus definiciones y clarificaran la distinción entre la materia prima insustancial de los elementos y la materia secundaria sustancial que se daba en los casos de cambio accidental.[5]

La teoría de la materia-forma fue elaborada en el Islam por Avicena (Ibn Sīnā, 980-1037) y Averroes (Ibn Rušd, 1126-1198) de modos que tendrían influencia en Occidente. Los dos comentadores musulmanes pensaron que era imposible derivar los elementos de la imposición de las formas elementales directamente sobre la materia prima. Se requería un paso intermedio, que primero invistiera a la materia prima de la tridimensionalidad. Para este fin, desarrollaron la noción de «forma corpórea», que primero debe ser impuesta a la materia para producir un cuerpo tridimensional. Después surgen los elementos, cuando este cuerpo tridimensional (una especie de materia segunda) recibe las formas elementales. La idea de «forma corpórea» fue transmitida a la cristiandad, donde resultó influyente y controvertida. Hemos visto su adopción por parte de Robert Grosseteste, que identificó la forma corpórea con la luz.[6]

Esencialmente, Aristóteles había situado la forma y la materia al mismo nivel —ninguna de las dos estaba subordinada a la otra, y cada una tenía su función—, pero este equilibrio resultó difícil de mantener. Dentro de la tradición neoplatónica (Avicena es un buen ejemplo) había una tendencia a degradar la materia, para verla prácticamente como una nada, y a la vez a elevar la forma a una posición casi de autonomía. Avicebrón († 1058), un contemporáneo más joven que Avicena, viró en la otra dirección, elevando la materia a expensas de la forma. La influencia de Avicebrón puede ayudar a explicar la voluntad de los estudiosos occidentales (especialmente franciscanos, tales como Ricardo de Middleton y Duns Scoto) de afirmar que Dios puede crear la materia sin forma.[7]

5. Leclerc, *Nature of Physical Existence*, caps. 8-9. Para un estimulante análisis de las concepciones griega y medieval de la materia, véanse los artículos recogidos en Ernan McMullin (comp.), *The concept of Matter in Greek and Medieval Philosophy*.

6. Véase Wolfson, *Crescas' Critique*, págs. 580-590; Arthur Hyman, «Aristotle's "First Matter" and Avicenna's and Averroes' "Corporeal Form"», en *Harry Austryn Wolfson Jubilee Volume*, 1, págs. 385-406. Sobre el significado de la idea de forma corpórea en el pensamiento cristiano medieval, véase D. E. Sharp, *Franciscan Philosophy at Oxford in the Thirteenth Century*, págs. 186-189.

7. Leclerc, *Nature of Physical Existence*, págs. 125-129; Sharp, *Franciscan Philosophy at Oxford*, págs. 220-222, 292-295.

Combinación y mezcla

Una clase muy importante de fenómenos a los que la teoría de la materia, la forma y la sustancia era aplicable era la asociada con lo que hoy llamaríamos «combinación química». La centralidad de esta clase de fenómenos resulta obvia cuando recordamos que, según Aristóteles, todas las sustancias que se encuentran en el mundo real, incluido el tejido orgánico, están compuestas de los cuatro elementos. Por ello, no resulta sorprendente que Aristóteles hubiera investigado la naturaleza de la combinación química y el estatus de los ingredientes originales de un compuesto. Distinguió entre el agregado mecánico, en el que las pequeñas partículas de dos sustancias están situadas una junto a otra sin pérdida de la identidad individual, y una verdadera mezcla de los ingredientes en un componente homogéneo en el que las naturalezas originales desaparecen. Llamó a la última una «mixtura» o «mezcla» (nosotros emplearemos el término latino *mixtio* para el proceso y *mixtum* [plural, *mixta*] para el producto, para preservar el sentido técnico que Aristóteles tenía en mente), y es esta clase de combinación la que consideraba aplicable a la mezcla de los elementos.

En el *mixtum*, según Aristóteles, las naturalezas individuales de los ingredientes son reemplazadas por una nueva naturaleza que penetra el compuesto hasta sus partes más diminutas. Las propiedades del *mixtum* representan un promedio de las propiedades de los ingredientes. Por ejemplo, si combinamos un elemento húmedo y uno seco (digamos, agua y tierra), la humedad y la sequedad del compuesto resultante, en la escala que va de la sequedad extrema a la máxima humedad, se situará en un punto determinado por la relativa abundancia de las dos cualidades. Aunque los elementos originales ya no tengan existencia real en el *mixtum*, Aristóteles hacía observaciones que sugerían que mantenían una presencia real o potencial que les permitía ejercer algún tipo de influencia continua.[8]

El análisis de Aristóteles dejó algunos problemas para sus comentadores. Uno era reformular la teoría de la combinación o *mixtio* en el lenguaje y marco conceptual de la materia y la forma, pues dichos términos no aparecían en la formulación de Aristóteles. En el curso de este esfuerzo fue necesario preguntarse cómo la nueva forma sustancial del *mixtum* surge de las formas de los elementos constituyentes. Puesto que se acep-

8. Sobre la doctrina aristotélica de la *mixtio*, véanse Friedrich Solmsen, *Aristotle's System of the Physical World*, cap. 19; Waterlow, *Nature, Change, and Agency*, págs. 82-85; y Emerton, *Scientific Reinterpretation of Form*, cap. 3.

taba que cuando el *mixtum* es destruido los elementos a partir de los cuales se había formado reaparecían, parecía evidente que sobrevivían de algún modo dentro del *mixtum*. Los debates sobre estos temas llegaron a ser extremadamente intrincados, y debemos limitarnos a unas pocas observaciones introductorias.

Todos aceptaban que las formas sustanciales de los elementos constituyentes eran reemplazadas por una nueva forma sustancial del *mixtum*. Pero, ¿cómo sucedía esto? En general, se aceptaba que el camino para la emergencia de la nueva forma sustancial era preparado por la mezcla de los elementos, la interacción de sus respectivas cualidades y, posiblemente, la corrupción de sus formas sustanciales. Sin embargo, había buenas razones (sacadas de Aristóteles) para creer que la nueva forma sustancial no podía ser generada a partir de estas formas sustanciales antecedentes o a partir de las cualidades de los elementos originales. Parecía necesaria una intervención exterior. La solución usual fue invocar poderes superiores —fuerzas celestes o inteligencias celestes, posiblemente incluso el propio Dios— asignándoles la responsabilidad de infundir la nueva forma sustancial en la materia prima cuando las condiciones previas se hubieran dado.

En cuanto a la supervivencia de los elementos en el *mixtum*, todos consideraban que era necesario encontrar algún modo de permitir que los elementos persistieran potencial o realmente en el *mixtum*, esperando la oportunidad adecuada para mostrarse. Avicena afirmaba que las formas de los elementos sobrevivían intactas, mientras que sus cualidades se debilitaban hasta el punto de resultar imperceptibles. Averroes mantenía que las formas y los elementos y sus cualidades se veían rebajados en fuerza e intensidad y mantenían una existencia potencial dentro del *mixtum*. Puesto que, según Aristóteles, las formas sustanciales no admitían grados, es decir, no podían ser reforzadas o debilitadas (después de todo, un mamífero cuadrúpedo dado es un perro o no es un perro; en este contexto hablar de más o menos no tiene sentido), Averroes concluía que las formas de los elementos originales no deben ser formas sustanciales sino que deben tener un estatus entre el de la forma sustancial y la accidental. Tomás de Aquino (ca. 1224-1274) afirmó que las formas de los elementos se extinguían en el proceso de la *mixtio*, pero que sus cualidades retenían alguna clase de influencia real en el *mixtum*. Estas y otras posiciones se convirtieron en la base de un vivo debate entre los filósofos naturales medievales tardíos.[9]

9. Sobre la doctrina medieval de la *mixtio*, véanse E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture*, págs. 200-204; Emerton, *Scientific Reinterpretation of Form*,

Una última cuestión que debemos tratar tiene que ver con la divisibilidad física de las sustancias corpóreas, por ejemplo, la madera, o la piedra, o el tejido orgánico. ¿Hay un límite al proceso de división? ¿cuáles son las propiedades de las partes menores? ¿Existe algo parecido a los átomos? Aristóteles había aludido a las partes menores de los ingredientes del *mixtum*, que se mezclan e interactúan, y los comentadores posteriores basaron en estas observaciones una teoría de lo que se llamaría los *minima* o *minima naturalia* (partes naturales menores). La teoría aceptaba que en principio la divisibilidad no debería tener fin. No importa lo pequeña que sea una parte de la que dispongamos, no hay razón física para que no la podamos dividir de nuevo. Pero se argumentaba que, aún así, hay una cantidad más pequeña de cada sustancia, por debajo de la cual ya no sigue siendo la sustancia debido a que la forma de la sustancia no puede ser preservada en una cantidad tan pequeña.

En la Edad Media, hubo intentos de construir la teoría de los *minima* como una variante del atomismo. Es verdad que ambas teorías aceptaban que la estructura de la materia se explicaba mediante partículas, pero por lo demás se alejaban mucho una de otra. Las partículas de los atomistas eran irrompibles en partes menores; los *minima* de la Edad Media eran divisibles, aunque si se dividían perdieran su identidad. Todos los átomos eran de idéntica materia, y diferían sólo en tamaño y figura; los *minima* eran tan diferentes como las sustancias a las que pertenecían. En la visión atomista, las propiedades del mundo macroscópico en general no tenían contrapartidas en el mundo microscópico. Los atomistas no explicaban la rojez de una flor, por ejemplo, por la rojez de sus partes constituyentes. Más bien, el programa atomista consistía en reducir la riqueza cuantitativa del mundo de la experiencia sensible a austeros y desnudos átomos (caracterizados únicamente por el tamaño, la figura, el movimiento y posiblemente el peso). Los defensores de los *minima*, por el contrario, continuaban el programa aristotélico, asignando a las partes últimas exactamente las propiedades del todo al que pertenecían íntegramente: *minima* de madera todavía son madera.[10]

---

págs. 77-85; Robert P. Multhauf, *The Origins of Chemistry*, págs. 149-152; y la más útil de Anneliese Maier, *An der Grenze von Scholastik und Naturwissenschaft*, 2ª ed., págs. 3-140, cuya parte introductoria aparece en Maier, *Threshold*, trad. de Sargent, cap. 6.

10. Sobre los *minima*, véanse Dijksterhuis, *Mechanization*, págs. 205-209; y Emerton, *Scientific Reinterpretation of Form*, págs. 85-93.

Alquimia

El arte o ciencia de la alquimia estaba estrechamente asociado a las teorías medievales de la sustancia corpórea, la combinación y la mezcla. Éste es uno de los aspectos de la ciencia medieval menos estudiado y menos entendido, y aquí tan sólo podemos ofrecer el escueto resumen de sus objetivos, logros y fundamentos teóricos.[11]

La alquimia era un arte empírico, que buscaba transmutar los metales innobles en oro (u otros metales preciosos), y una ciencia teórica que explicaba y guiaba este esfuerzo. De la realidad de la transmutación de unas sustancias en otras no podía haber la menor duda. Considérese el caso de una planta o árbol, en los que el agua y el suelo nutrientes se transforman en una delicada flor o un suculento fruto; o el caso incluso más extraordinario de un cordero, que parece tener la capacidad de convertir el agua y la hierba en lana y carne. Ahora bien, según la teoría alquímica, esto es posible debido a la unidad fundamental de toda sustancia corpórea. La filosofía natural de Aristóteles ofrecía una explicación de esta unidad, representando los cuatro elementos como productos de la materia prima y pares de las cuatro cualidades elementales: caliente, frío, húmedo, seco. Altérense las cualidades y se transmutará un elemento en otro. Altérense las proporciones de los elementos de un *mixtum* y se transformará el *mixtum* en una sustancia diferente.

Pero los alquimistas estaban interesados principalmente en los metales. Según una teoría ampliamente compartida, que derivaba de Aristóteles, todos los metales son compuestos o *mixta* de sulfuro y mercurio.[12] La *mixtio* de sulfuro y mercurio era concebida como un proceso de desarro-

11. Para una excelente introducción general al problema de las fuentes sobre la alquimia medieval véanse Robert Halleux, *Les textes alquimistes*; y también Claudia Kren, *Alchemy in Europe: A Guide to Research*. La literatura más antigua, todavía útil, incluye: F. Sherwood Taylor, *The Alchimists*; E. J. Holymard, *Alchemy*; y Multhauf, *Origins of Chemistry*, caps. 5-9. Para breves y más actualizados resúmenes, véanse, Manfred Ullmann, «Al-Kīmiyā», *The Encyclopaedia of Islam*, nueva ed., vol. 5, fasc. 79-80, págs. 110-115; y Rober Halleux, «Alchemy», *Dictionary of the Middle Ages*, 1, págs. 134-140. Y para lo más reciente: Wlliam R. Newman, «The Genesis of the *Summa perfectionis*»; Newman, «Technology and Chemical Debate in the Late Middle Ages»; y Newman, *The «Summa perfectionis» of Pseudo-Geber: A Critical Edition, Translation and Study* (Newman fue tan amable de dejarme partes de esta edición en el texto mecanografiado).

12. El sulfuro y el mercurio en cuestión no eran los minerales comunes así denominados, sino las esencias puras que se pensaba que proporcionaban las distintas cualidades requeridas para producir metales, algunas veces referidas como «sulfuro filosófico»

llo o maduración que tenía lugar de modo natural en la tierra, bajo la influencia del calor. El metal concreto que surge depende de todos los factores que entran en el proceso de maduración, incluidos la pureza y homogeneidad del sulfuro y del mercurio, sus proporciones en el *mixtum* y el grado de calor. Ahora bien, el objetivo del alquimista era abreviar y acelerar el proceso de maduración para reproducir en un tiempo breve, mediante un artificio, aquello que, en las entrañas de la Tierra, la naturaleza acaso emplea mil años en llevar a cabo. La meta y punto final del proceso, si se produce de modo perfecto, era oro. La imperfección o la deficiencia producían uno de los otros metales.

En la práctica, el alquimista se proponía reducir un metal innoble a materia prima para quitar las formas accidental y sustancial; y a continuación añadir las formas siguiendo las recetas alquímicas apropiadas, de manera que el metal se reconstituyera como uno de los metales preciosos. De modo alternativo, los alquimistas trataban de descubrir la receta para el «elixir» o «piedra filosofal», una sustancia que se creía que tenía el poder de penetrar los metales innobles y transformarlos en oro. En el curso de estos intentos, los alquimistas desarrollaron muchos procesos químicos, incluida la solución, la calcinación, la fusión, la destilación, la putrefacción, la fermentación y la sublimación. También fabricaron los aparatos necesarios, incluida una gran variedad de hornos para calentar y fundir, el alambique para la destilación y distintos frascos, recipientes y otras vasijas para la fundición, mezcla, pulverización y almacenamiento de las sustancias alquímicas.[13]

Parece que la alquimia tiene orígenes griegos, quizás en el Egipto helenístico. Posteriormente, los textos griegos fueron traducidos al árabe y dieron nacimiento a una floreciente y variada tradición alquímica islámica. Entre los escritos alquímicos árabes destacados estaban el corpus atribuido a Geber (Jābir ibn Hayyān, fl. siglos IX-X) y el *Libro del secreto de los secretos* de Muhammad ibn Zakariyyā' al-Rāzī († ca. 925). Empezando aproximadamente hacia la mitad del siglo XII, este cuerpo de escritos alquímicos fue traducido al latín, iniciando una vigorosa tradición alquímica latina. La creencia en la verdad de la teoría alquímica y en la validez de los objetivos alquímicos estaba muy difundida pero lejos de ser universal. Desde Avicena en adelante, se desarrolló una fuerte tradición crítica, y se

y «mercurio filosófico». El sulfuro filosófico se identificaba frecuentemente con el principio activo, espiritual; el mercurio filosófico, con el principio pasivo, material.

13. Sobre los aparatos y procesos alquímicos, véase Holymard, *Alchemy*, cap. 4.

escribió mucho tanto para polemizar respecto a la posibilidad de la alquimia como para desarrollar su teoría y práctica. En el curso de esta larga historia, la alquimia se fue afiliando con otras artes técnicas (metalurgia y tintorería, por ejemplo) y sistemas de pensamiento. Adquirió connotaciones teológicas, mágicas y alegóricas y se fue transformando gradualmente en una filosofía mística omniabarcante. A finales de la Edad Media, por ejemplo, la transformación alquímica era frecuentemente ligada a la transformación espiritual del experimentador alquimista, y algunos creían que el elixir no sólo transformaba los metales innobles en oro, sino que también confería la inmortalidad.[14]

Cambio y movimiento

Frecuentemente, los historiadores contraponen el carácter estático del universo aristotélico con el dinámico de la filosofía atomista. Es fácil ver lo que tienen en mente. En el ámbito sublunar de Aristóteles, el movimiento natural cesa cuando el objeto en movimiento alcanza su lugar natural, y el movimiento violento acaba cuando la fuerza externa ya no actúa. Si lo ponemos todo en su lugar natural y nos deshacemos de los motores externos, el mundo de Aristóteles chirriará hasta parar. Por el contrario, el mundo de los atomistas está en permanente estado de movimiento, los átomos están moviéndose, colisionando y formando agregados temporales en un eterno torbellino.

Sin embargo, la impresión de que el cosmos de Aristóteles es estático procede de que restringimos nuestra atención a una clase de cambio: el cambio de lugar o «movimiento local». Mírese bajo la superficie, no la localización de un objeto, sino la naturaleza del objeto, y el dinamismo del cosmos aristotélico se pondrá de manifiesto. Para Aristóteles, las cosas naturales se encuentran siempre en estado de flujo, forma parte de su naturaleza esencial estar en transición de la potencialidad a la actualidad. Sin duda esto es más obvio en el ámbito biológico, donde el crecimiento y el desarrollo son inevitables, pero los estudios biológicos de Aristóteles configuraron poderosamente toda su filosofía de la naturaleza. Su definición de naturaleza, como la fuente interna de cambio que se halla en to-

14. Sobre la alquimia posterior, véanse Allen G. Debus, *Man and Nature in the Renaissance*, cap. 2; y Debus, *The Chemical Philosophy: Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, 2. vols.

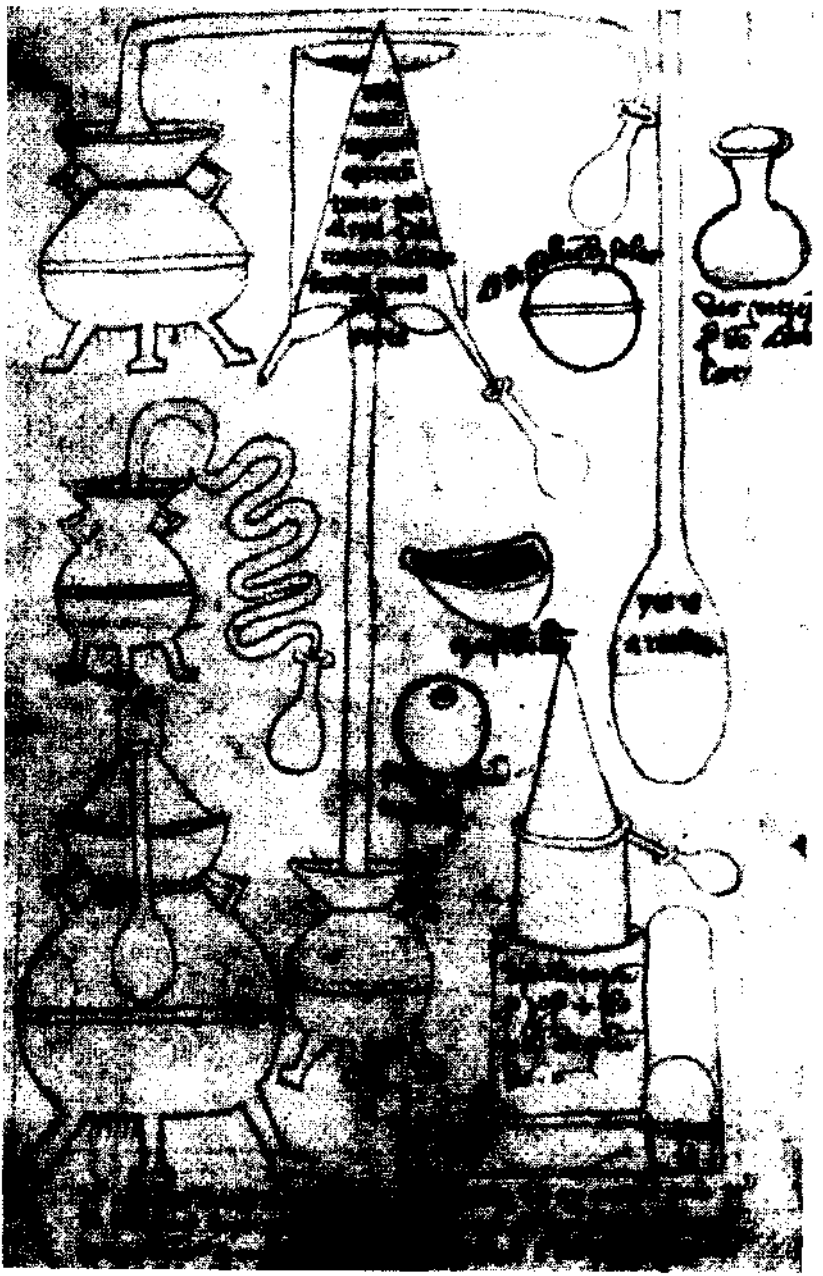


FIG. 12.1. *Aparatos alquímicos, incluidos hornos y alambiques.* British Library, MS Sloane 3548, fol. 25r (siglo XV). Con permiso de la British Library.

dos los cuerpos naturales, puede muy bien haber tenido orígenes biológicos, pero era aplicable a los ámbitos orgánico e inorgánico. Así pues, el objeto central de estudio de la filosofía natural de Aristóteles era el cambio en todas sus formas y manifestaciones. Aristóteles afirmó rotundamente en su *Física* (libro 3) que si ignoramos el cambio ignoramos la naturaleza.[15] Si los grandes objetos que llenan el cosmos aristotélico parecen preferir el reposo al movimiento, bajo la superficie bullen con el cambio.

Aristóteles y sus seguidores medievales identificaban cuatro clases de cambio: 1) generación y corrupción, 2) alteración, 3) aumento y disminución, y 4) movimiento local. La generación y la corrupción tienen lugar cuando las cosas individuales (es decir, las sustancias) empiezan a existir y dejan de existir. La alteración es el cambio de cualidad, como cuando el objeto frío se calienta. El aumento o disminución se refieren al cambio cuantitativo, es decir, cambio de tamaño, como en la rarefacción y condensación. Y el movimiento local es el cambio de lugar, la clase de cambio que los científicos del siglo XVII elevaron a una posición central que no tiene en la física de Aristóteles.

Por ello, cuando examinamos la teoría del movimiento de Aristóteles estamos contemplando un aspecto de su teoría del cambio. Lo que interesaba a Aristóteles y sus comentadores era el cambio en general, y el movimiento local no era sino una de las distintas variedades y en absoluto la más importante. Nos ahorraremos una gran confusión si recordamos esto. Las características de las teorías aristotélica y medieval del movimiento, que parecen extrañas y peculiares cuando se examinan desde el punto de vista de la dinámica moderna, frecuentemente adquieren una apariencia muy distinta cuando las juzgamos a la luz de las preguntas que se pretendía que respondieran.

Esto nos enfrenta a una importante y difícil cuestión metodológica. El modo usual de enfocar las teorías medievales del movimiento es retrotraer el marco conceptual de la dinámica moderna a la Edad Media y usarla como la cuadrícula a través de la que considerar los desarrollos medievales. Este modo de proceder tiene la enorme ventaja de mantenernos en un terreno intelectual familiar. Tiene la desventaja de que nos hace enfocar sólo aquellos desarrollos medievales que se parecen en algo a la teoría moderna. La alternativa es adoptar una perspectiva medieval, un enfoque que tiene la ventaja obvia de la fidelidad al sistema de ideas que estamos intentando entender, pero que puede ser casi imposible llevar a

15. *Física*, III.1.200^{b}14-15.

la práctica. El marco conceptual de las teorías medievales del movimiento es una jungla conceptual, apta sólo para veteranos experimentados y ciertamente no es lugar para excursiones de un día desde el siglo XX. Enfrentados a una elección entre examinar esta jungla desde la distancia segura del siglo XVII o XX y no examinarla en absoluto, la mayoría de los historiadores de la ciencia medieval han elegido comprensiblemente la primera opción. Mi propio punto de vista es que debemos llegar a un compromiso pragmático esforzándonos para encontrar un término medio. En las páginas siguientes, haremos varias excursiones breves a las regiones de la jungla medieval consideradas seguras para los turistas, con el fin de dar alguna idea de la configuración del terreno. También examinaremos algunos desarrollos medievales importantes por su influencia posterior, tratando de describirlos de modo que ayuden al lector a captar el marco medieval en el que crecieron.

La naturaleza del movimiento

Cuando un filósofo natural antiguo o medieval dirigía su atención a cualquier área de investigación, lo primero que quería saber era: ¿qué cosas (relevantes para la investigación) existen? Es una pregunta sobre las entidades que pueblan el universo. Una vez que había resuelto esta cuestión, podía pasar a otras, como: ¿cuál es la naturaleza de las cosas que existen? ¿Qué clase de existencia tienen? ¿Cómo cambian? ¿Cómo interactúan? ¿Y cómo las podremos conocer? Si el tema de estudio era el movimiento, la primera tarea sería determinar si el movimiento existe, y si es así, qué tipo de cosa es.

Aristóteles había afrontado esta cuestión de modo suficientemente ambiguo como para dar mucho que rumiar a sus comentadores. En el Islam, los dos grandes comentadores, Avicena y Averroes, se unieron a la lucha. Y en Occidente el problema fue replanteado por Alberto Magno. No podemos sondear los puntos sutiles de este debate extremadamente técnico, pero podemos dar a conocer los trazos más gruesos llamando la atención sobre dos prominentes posiciones alternativas que surgieron a finales del siglo XIII y sobre unos pocos argumentos empleados para decidir entre ellas. Según una opinión, que llegó a ser denominada con la expresión *forma fluens* (forma fluyente), el movimiento no es una cosa separada o distinguible del cuerpo en movimiento, sino simplemente el cuerpo en movimiento y sus sucesivos lugares. Cuando Aquiles corre una carrera, las cosas exis-

tentes son Aquiles y los objetos que definen los lugares sucesivamente ocupados. Ninguna otra entidad adicional está presente, y la palabra «movimiento» denota no una *cosa* existente, sino meramente el *proceso* por el que Aquiles llega a ocupar lugares sucesivos. Este punto de vista fue desarrollado por Averroes y Alberto Magno. La opinión alternativa, conocida con el nombre de *fluxus formae* (flujo de la forma), mantenía que además del cuerpo en movimiento y los lugares sucesivamente ocupados, había alguna *cosa* inherente al cuerpo en movimiento, que podemos llamar «movimiento».[16]

Quizás podamos empezar a captar la razón fundamental que hay detrás de este debate examinando un par de argumentos famosos, uno por cada opción. Guillermo de Occam (ca. 1285-1347) defendió la opinión *forma fluens* con su rigor lógico característico. Desde el punto de vista de Occam, «movimiento» es un término abstracto, ficticio, un sustantivo que no corresponde a ninguna entidad realmente existente. No se trataba de un intento por parte de Occam de negar que las cosas se mueven, sino simplemente una declaración de que el *movimiento* no es una *cosa*. El modo de aclarar esto, decía Occam, es considerar una sentencia como la siguiente: «Todo movimiento es producido por un motor». Un lector ingenuo puede suponer que el sustantivo «movimiento» representa una cosa real (una sustancia o una cualidad), pues los sustantivos a menudo cumplen esta función. Sin embargo, podemos reemplazar esta sentencia por otra que tiene idéntico contenido dinámico, pero diferentes implicaciones en cuanto a la *naturaleza* del movimiento: «Toda cosa que se mueve es movida por un motor». Aquí el sustantivo «movimiento» ha desaparecido, y con él la implicación de que el movimiento puede ser una cosa real. Pero, ¿cómo hemos de elegir entre las dos sentencias y los mundos alternativos que describen? Sobre la base de la economía. Aunque las dos sentencias hagan la misma afirmación dinámica (las cosas se mueven sólo si son movidas por motores), el mundo en el que el movimiento no es una cosa existente es un mundo más económico, debido a que en él hay menos cosas. Consecuentemente, debemos considerarlo como el mundo real a menos que haya argumentos convincentes en contra.[17]

16. Respecto a este análisis de la naturaleza del movimiento estoy en deuda con John F. Murdoch y Edith D. Sylla, «The Science of Motion», págs. 213-222. Véanse también las obras de Annaliese Maier, *Zwischen Philosophie und Mechanik*, cap. 1-3; *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert*, 2ª ed., cap. 1; y la traducción inglesa de la última aparecida en *On the Threshold of Exact Science*, trad. de Sargent, cap. 1.

17. John E. Murdoch, «The Development of a Critical Temper: New Approaches and Modes of Analysis in Fourteenth Century Philosophy, Science, and Theology», págs.

Un conjunto totalmente diferente de consideraciones llevó a Juan Buridán (ca. 1295-ca. 1358) a defender el punto de vista del *fluxus formae*. En su comentario a la *Física* de Aristóteles, Buridán respondió a la pregunta entonces conocida —si el movimiento local es una cosa distinta del objeto movido y de los lugares que ocupa sucesivamente— remitiéndose a la doctrina teológica. El punto de partida teológico del argumento de Buridán era el supuesto de que Dios, en su absoluto poder, podía haber dotado al cosmos como un todo de un movimiento rotatorio. Buridán sabía esto en virtud del principio de que Dios puede hacer todo lo que no implica la autocontradicción. Además, uno de los artículos de la condena de 1277 (según la lectura de Buridán) afirmaba explícitamente el poder de Dios para realizar la hazaña análoga de mover el cosmos entero en línea recta. Pero si adoptamos el punto de vista de la *forma fluens* según el cual el movimiento no es nada más que el objeto móvil y los lugares que ocupa sucesivamente, se plantea un serio problema. Aristóteles había definido el lugar en términos de los cuerpos circundantes. Puesto que el cosmos no está rodeado por nada (pues cualquier continente habría de ser considerado parte del cosmos) parece que no tiene un lugar. Si el cosmos no tiene un lugar, obviamente no puede cambiar de un lugar a otro. Y si no puede cambiar de un lugar a otro, no se puede decir que se mueva. Pero esta conclusión es incompatible con el punto de partida del argumento: el indiscutible supuesto de que Dios es capaz de dar al cosmos movimiento rotatorio. La solución, pensaba Buridán, era aceptar la concepción más amplia del movimiento de la *fluxus formae*. Si el movimiento no es simplemente el propio cuerpo y sus sucesivos lugares, sino un atributo adicional del cuerpo móvil análogo a una cualidad, entonces el cosmos podía poseer este atributo incluso en ausencia de lugar, y la dificultad sería al menos parcialmente superada. La implicación de esta teoría —que el movimiento es una cualidad, o algo que podía ser tratado como una cualidad— acabó siendo bastante común entre los filósofos naturales de la segunda mitad del siglo XIV.[18]

60-61; Murdoch y Sylla, «The Science of Motion», págs. 216-217; Maier, *Threshold of Exact Science*, págs. 30-31.

18. Murdoch y Sylla, «The Science of Motion», págs. 217-218; Maier, *Threshold of Exact Science*, págs. 33-38; *ibid.*, *Zwischen Philosophie und Mechanik*, págs. 121-131.

La descripción matemática del movimiento

Actualmente, la aplicación de las matemáticas al movimiento no necesita defensa. La mecánica teórica, la disciplina matriz de las teorías del movimiento, es matemática por definición, y para cualquiera con una cierta comprensión de la física moderna el enfoque matemático le parecerá el único posible. Pero esta conclusión quizá sólo es obvia retrospectivamente y desde una perspectiva moderna, y no hubiera parecido verosímil a Aristóteles o a muchos de los que trabajaban dentro de la tradición aristotélica. Debemos recordar que Aristóteles y sus seguidores medievales consideraban el movimiento como una de las cuatro clases de cambio y que esperaban que el análisis del movimiento imitara (en gran medida) el análisis del cambio en general. También hemos de tener en cuenta que no hay nada intrínsecamente matemático en la mayoría de los casos de cambio. Cuando observamos la enfermedad cediendo a la curación, la virtud reemplazando al vicio y el calor superando el frío, no nos sugieren números o magnitudes geométricas. La generación o la corrupción de una sustancia y la alteración de una cualidad obviamente no son procesos matemáticos, y sólo mediante esfuerzos titánicos a lo largo de siglos los estudiosos han hallado modos de poner un asidero matemático en unas pocas clases de cambio, incluido el movimiento local. Examinemos los primeros estadios de este proceso en la Edad Media tardía.

Desde luego, la matematización de la naturaleza tiene antiguos partidarios, incluidos los pitagóricos, Platón y Arquímedes. Y el primer éxito se alcanzó en las ciencias de la astronomía, de la óptica y de la balanza (véase el capítulo 5). Era inevitable que el éxito de estos esfuerzos estimulara a los interesados en matematizar otros temas. Hallamos los comienzos primitivos del análisis matemático del movimiento en la *Física* de Aristóteles, donde distancia y tiempo, ambos cuantificables, eran empleados como medida del movimiento. Aristóteles creía que el más veloz de dos objetos en movimiento cubría una distancia mayor en el mismo tiempo o la misma distancia en un tiempo menor, mientras que dos objetos que se movían con igual velocidad atravesaban distancias iguales en tiempos iguales. Una generación después de Aristóteles, el matemático Autólico de Pitane (fl. 300 a.C.), dio un paso más, definiendo un movimiento uniforme como aquel en el que distancias iguales son atravesadas en tiempos iguales. Es importante notar que, en estas antiguas discusiones, distancia y tiempo eran tomados como las medidas cruciales del movimiento, a las que podía asignarse un valor numérico, mientras que la

«rapidez» o velocidad jamás alcanzaba este estatus, y seguía siendo un concepto vago, incalificable.[19]

El primer impacto de este análisis matemático en la cristiandad medieval puede verse en la obra de Gerardo de Bruselas, un matemático que quizás enseñó en la universidad de París en la primera mitad del siglo XIII. Para nuestros propósitos la característica más importante del breve libro de Gerardo, *Libro acerca del movimiento*, es la restricción de sus contenidos a lo que nosotros ahora llamamos «cinemática». Para entender lo que esto significa debemos examinar brevemente la distinción entre cinemática y dinámica, una distinción que puede servirnos después como uno de los principios organizativos para el resto de nuestro análisis de las teorías medievales del movimiento. Si queremos investigar el movimiento de un cuerpo, hay dos modos básicos de hacerlo. Podemos concentrarnos en las causas del movimiento, dando una explicación de los agentes o fuerzas que lo producen y correlacionarlos, quizá, con la cantidad o velocidad de movimiento producido. O podemos describir el movimiento sin ninguna referencia a la causalidad. La primera actividad, que se centra en la causalidad, se conoce como «dinámica»; la última, limitada a la descripción (usualmente descripción matemática), se conoce como «cinemática». Pues bien, Gerardo es importante como heraldo de la tradición cinemática que se desarrolló en el Occidente latino.[20]

Esta tradición floreció en el siglo XIV entre un grupo de distinguidos lógicos y matemáticos asociados al Merton College, en Oxford, entre 1325 y 1350. Este grupo incluía a Tomás Bradwardine († en 1349), que sería nombrado arzobispo de Canterbury; William Heytesbury (fl. 1340-1355); John of Dumbleton († ca. 1349); y Richard Swineshead (fl. 1340-1355). Para empezar, los miembros del grupo de Merton hicieron explícita la distinción entre cinemática y dinámica, que estaba presente implícitamente en el *Libro acerca del movimiento* de Gerardo, haciendo notar que el movimiento puede ser examinado desde el punto de vista de la causa o del efecto. Los estudiosos de Merton procedieron a desarrollar un marco conceptual y un vocabulario técnico para tratar el movimiento cinemáticamente. En dicho marco conceptual y vocabulario estaban incluidas las ideas de velocidad y velocidad instantánea, ambas tratadas como concep-

19. Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, págs. 163-186.

20. Sobre Gerardo, véanse *ibid.*, págs. 184-197; Clagett, «The *Liber de motu* of Gerard of Brussels and the Origins of Kinematics in the West»; Murdoch y Sylla, «The Science of Motion», págs. 222-223; y Wilbur R. Knorr, «John of Tynemouth *alias* John of London: Emerging Portrait of a Singular Medieval Mathematician», págs. 312-322.

tos a los que hay que asignar una magnitud.[21] Los mertonianos distinguían entre movimiento uniforme (movimiento a velocidad constante) y movimiento no uniforme (o acelerado). También formularon una definición precisa de movimiento uniformemente acelerado idéntica a la nuestra: un movimiento es uniformemente acelerado si su velocidad aumenta mediante incrementos iguales en iguales unidades de tiempo. Finalmente, los estudiosos de Merton desarrollaron una variedad de teoremas cinemáticos, algunos de los cuales examinaremos más adelante.[22]

Antes de hacerlo, debemos considerar las bases filosóficas de este logro cinemático. La emergencia de la velocidad como una nueva medida del movimiento, acompañando a las antiguas medidas (distancia y tiempo), es un desarrollo que debe ser explicado. La velocidad, después de todo, es un concepto completamente abstracto, que no se imponía por sí mismo al observador de cuerpos en movimiento, sino que tenía que ser inventado por los filósofos naturales e impuesto a los fenómenos. ¿Cómo sucedió esto? La respuesta se halla en el análisis filosófico de las cualidades y su gradación o intensidad.

La idea fundamental era que las cualidades o formas pueden existir con varios grados o intensidades. No hay un único grado de calor o de frío, sino una escala de intensidades o grados que van desde muy frío a muy caliente. Además, se aceptaba que las formas o cualidades pueden variar dentro de esta escala. Es decir, podían ser reforzadas o debilitadas, o, para emplear la terminología técnica medieval, sufrir intensificación y remisión.[23] Ahora bien, cuando este análisis general de las cualidades y su intensificación y remisión se transfería al caso particular del movimiento local (siendo concebido el movimiento como una cualidad o algo estre-

21. Pero la velocidad era tratada como una magnitud escalar, no vectorial. Es decir, tenía magnitud, pero era indiferente respecto a la dirección.

22. Clagett, *Science of Mechanics*, cap. 4.

23. No profundizaremos en el problema medieval relacionado de explicar en términos físicos cómo se producía la intensificación y la remisión. Las dos teorías principales eran una teoría de la *adición y la sustracción*, según la cual una forma es intensificada por adición de una nueva parte de forma, remitida por una sustracción de una parte de la forma original; y una teoría del *reemplazo*, según la cual la forma original es aniquilada y reemplazada por una nueva forma de mayor o menor intensidad. Sobre este problema, véanse Edith E. Sylla, «Medieval Concepts of the Latitude of Forms: The Oxford Calculators», págs. 230-233; y Murdoch y Sylla, «The Science of Motion», págs. 231-233. Sobre la intensificación y remisión de las cualidades en general, véanse también Clagett, *Science of Mechanics*, págs. 205-206, 212-215; y Murdoch y Sylla, «The Science of Motion», págs. 233-237.

chamente análogo a una cualidad), la idea de velocidad aparece rápidamente. La intensidad de la cualidad del movimiento —la que mide su fuerza o grado— no podía ser más que la rapidez o (para emplear el término técnico medieval) la velocidad. La intensificación y remisión de la cualidad del movimiento debe referirse entonces a la variación de la velocidad.

El reflexionar acerca de las cualidades, su intensidad y su intensificación también dio nacimiento a la distinción entre la intensidad de una cualidad y su extensión o cantidad. Un ejemplo nos ayudará a entender esta distinción. En el caso del calor, era bastante obvio que un objeto podía estar más caliente que otro. Aquí tenemos la idea de intensidad o grado (más o menos lo mismo que nuestro concepto de temperatura).[24] Pero era obvio que también había algo más, a saber, la distribución de la cantidad de calor en un sujeto (un objeto caliente). Supongamos que damos calor del mismo grado o intensidad a dos cuerpos, idénticos excepto en que uno es el doble de voluminoso que el otro. Parece que el mayor debe contener dos veces más calor que el menor. La *intensidad* del calor no varía de un cuerpo a otro, pero el mayor tiene el doble de *cantidad* de calor. Una consideración sobre el peso proporciona una distinción comparable entre el grado o intensidad del peso (nuestra densidad o peso específico) y la distribución del peso en un cuerpo (la cantidad total de peso). Se suponía que cualquier otra cualidad (incluido el movimiento) podía ser considerada del mismo modo. Y así surgió la distinción general entre la intensidad de una cualidad y la cantidad de dicha cualidad.[25]

Las noticias de los logros del Merton College en el análisis de las cualidades se transmitieron rápidamente a los otros centros intelectuales de Europa. En este proceso, el análisis se enriqueció y clarificó con la adición de un sistema de representación geométrica. En el Merton College el análisis original de las cualidades se llevaba a cabo verbalmente, del mismo modo que nosotros lo hemos estado analizando aquí. Sin embargo, las ventajas del análisis geométrico se percibieron rápidamente, y con el tiempo se elaboraron sistemas de representación geométrica bastante elaborados. Uno de los primeros en desarrollar un sistema de este tipo fue Giovanni di Casali, un franciscano de Bolonia (que también había estado en Cambridge), que escribió hacia 1351. Algo más tarde, en la misma dé-

24. Esta noción se retrotrae al menos a Galeno; véase Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics*, págs. 34-36.

25. Clagett, *Science of Mechanics*, págs. 212-213.

cada, Nicolás de Oresme, de la universidad de París, formuló un análisis geométrico mucho más elaborado. Un examen del esquema de Oresme puede resultarnos tan revelador como sin duda lo fue para sus lectores medievales.

El primer paso consistió en representar la intensidad de una cualidad por medio de un segmento de línea, un paso relativamente fácil para los estudiosos medievales conocedores de Aristóteles (que empleaba líneas para representar el tiempo) y de Euclides (que usaba líneas para representar magnitudes numéricas). Si el segmento de línea AB (figura 12.2.) representa una intensidad dada de alguna cualidad, el segmento de línea AC representa dos veces esta cantidad. Esto está bien, pero todavía no nos lleva demasiado lejos. El siguiente paso crítico consistió en emplear esta línea para representar la intensidad de la cualidad en cualquier punto del sujeto. Tomemos la varilla AE (figura 12.3.), calentada de manera diferente, de modo que un extremo está más caliente que el otro. En el punto A y en todos los demás puntos de la varilla levantamos una línea vertical que represente la intensidad de calor en este punto. Si la temperatura crece uniformemente de A a E, la figura pondrá de manifiesto un alargamiento uniforme de las líneas verticales. Ahora bien, Oresme hizo el sistema mu-

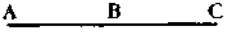
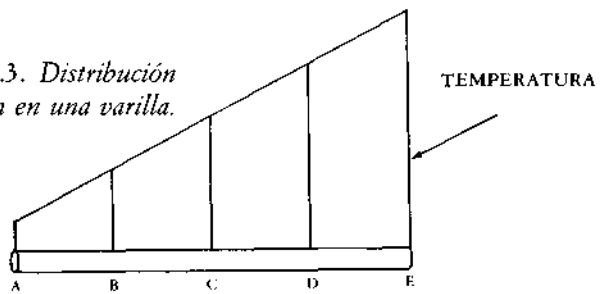


FIG. 12.2. *Uso de un segmento de línea para representar la intensidad de una cualidad.*

FIG. 12.3. *Distribución de la temperatura en una varilla.*



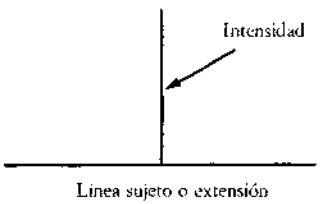


FIG. 12.4. *Sistema de Nicolás de Oresme para representar la distribución de una cualidad en un sujeto.*

cho más abstracto al sustituir el dibujo de la varilla por una línea horizontal. Esto tiene la consecuencia de crear un sistema generalizado de representación (véase la figura 12.4.) en el que la línea horizontal llamada «línea sujeto» o «extensión») representa el sujeto, cualquiera que éste sea, mientras que las líneas verticales representan la intensidad de cualquier cualidad que elijamos en los puntos del sujeto en los que se levantan.

Lo que ha proporcionado Oresme es una forma de representación geométrica —un precursor de las técnicas gráficas modernas— en la que la forma de la figura (como en la figura 12.3.) nos informa acerca de las variaciones en la intensidad de una cualidad en su sujeto. ¿Pero cómo hacemos la transición desde las cualidades en general al movimiento en particular? Un modo de hacerlo es considerar el caso de un cuerpo, cuyas diferentes partes se muevan con diferentes velocidades. Una varilla sujeta a un perno por un extremo que rote alrededor de dicho perno podría ser un buen ejemplo. En tal caso, podemos dibujar la varilla horizontalmente y levantar una perpendicular en cada punto, que indique la velocidad de este punto. El resultado será una distribución de velocidades en un sujeto, como en la figura 12.5.

Pero hay otro caso, más difícil porque requiere un tratamiento más abstracto. Supongamos que tenemos un cuerpo que se mueve como una unidad, y todas sus partes tienen la misma velocidad, pero que esa velocidad varía con el tiempo. El modo de entender esto, explicaba Oresme, consiste en ver que aquí la línea sujeto no es la extensión de un objeto corpóreo, como en los ejemplos anteriores, sino la duración de un movimiento local. El tiempo pasa a ser el sujeto. Esto nos da un primitivo sistema de coordenadas en el que la velocidad puede trazarse como una función del tiempo (véase la figura 12.6.). Oresme procedía a discutir distintas configuraciones de la velocidad con respecto al tiempo. La velocidad uniforme será representada por una figura en la que todas las líneas verticales son de igual longitud, es decir, un rectángulo. La velocidad no uniforme requiere verticales de longitud variable. Dentro de esta categoría de velocidad no uniforme, tenemos la velocidad uniformemente disforme (movimiento uniformemente acelerado), representada por un triángulo, y la velocidad disformemente disforme, representada por una variedad de otras figuras (véase la figura 12.7.). Finalmente, ¿cómo trató Oresme la otra característica de las cualidades apuntada anteriormente, su cantidad total? Identificó la cantidad total de movimiento con la distancia atravesada. Afirmó, además, que en el diagrama velocidad-tiempo ésta debe ser representada por el área de la figura.

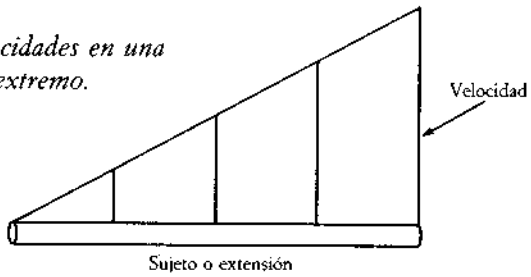


FIG. 12.5. *Distribución de velocidades en una varilla que rota en torno a un extremo.*

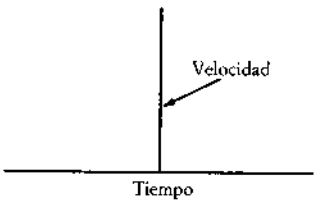


FIG. 12.6. *La velocidad como una función del tiempo.*

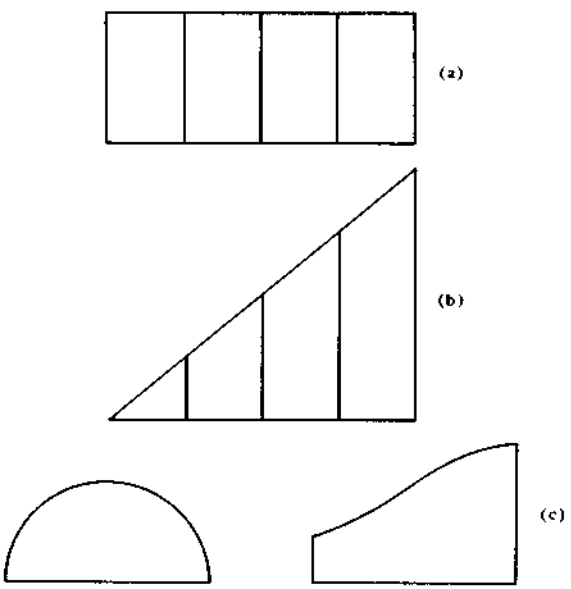


FIG. 12.7. *Representación de varios movimientos.*
a) Velocidad uniforme.
b) Velocidad uniformemente disforme.
c) Velocidad disformemente disforme.

De este modo, Oresme ha desarrollado un sistema geométtrico muy ingenioso para la representación del movimiento. ¿Pero él y los que le siguieron se sentaron meramente a admirarlo o bien hicieron algo con este sistema? De hecho, consiguieron desarrollar teoremas cinemáticos que ponían de manifiesto algunas características matemáticas notables del movimiento uniforme o del uniformemente acelerado. El caso más importante fue este último, representado en la figura 12.7. (b). Este caso tuvo especial interés en el siglo XIV, no porque se identificara con un movimiento particular en el mundo real, sino porque planteaba un reto matemático importante. Examinemos dos importantes teoremas aplicables al movimiento uniformemente acelerado.

El primero ya había sido formulado, sin prueba o ilustración geométrica, por los estudiosos de Merton. Ahora se conoce como la «regla de Merton» o el «teorema de la velocidad media». Este teorema trata de hallar una medida del movimiento uniformemente acelerado comparándolo con el movimiento uniforme. El teorema afirma que un cuerpo que se mueve con un movimiento uniformemente acelerado recorre la misma distancia, en un tiempo dado, que si se hubiera movido el mismo tiempo con una velocidad uniforme igual a su velocidad media (o promedio). Expresado numéricamente, se afirma que un cuerpo que acelera uniformemente desde una velocidad de 10 a una velocidad de 30 atraviesa la misma distancia que un cuerpo que se mueva uniformemente, durante el mismo periodo de tiempo, con una velocidad de 20. Ahora bien, Oresme elaboró una simple pero elegante prueba geométrica de este teorema. El movimiento uniformemente acelerado puede representarse mediante el triángulo ACG (figura 12.8.) y su velocidad media con la línea BE. Por tanto, el movimiento uniforme con el que hay que compararlo debe representarse por medio del rectángulo ACDF (cuya altura es BE, la velocidad media del movimiento uniformemente acelerado). La regla de Merton afirma simplemente que la distancia atravesada por un movimiento es igual a la atravesada por el otro. Puesto que, en los diagramas de Oresme, la distancia atravesada se mide por medio del área de la figura, podemos probar el teorema mostrando que el área del triángulo ACG es igual al área del rectángulo ACDF. Una ojeada a las dos figuras mostrará que esto es así.[26]

26. Si la igualdad del triángulo y el rectángulo no es evidente por inspección, dibújese una línea diagonal desde B a D, dividiendo de este modo el rectángulo BCDE en dos triángulos iguales. Nótese entonces que tanto el rectángulo ACDF como el triángulo ACG han sido subdivididos en triángulos menores e iguales, cuatro en cada caso.

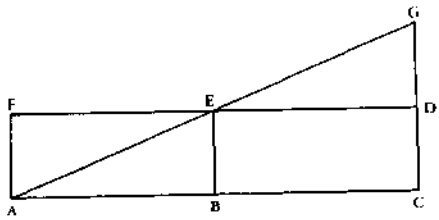


FIG. 12.8. *Prueba geométrica, de Oresme, de la regla de Merton.*

El segundo teorema, como el primero, trata de elucidar las propiedades matemáticas del movimiento uniformemente acelerado mediante una comparación que involucra las distancias atravesadas. En este caso, la distancia recorrida en la primera mitad de un movimiento uniformemente acelerado se comparaba con la distancia recorrida en la segunda mitad del mismo movimiento. Se afirmaba que la última es el triple de la primera. Para probar este teorema geométricamente, simplemente necesitamos mostrar que el área del cuadrilátero BCGE (fig. 12.8.), que representa la distancia recorrida en la segunda mitad del tiempo, BC, es el triple del área del triángulo ABE, que representa la distancia atravesada en la primera mitad del tiempo, AB. Una vez más, la inspección establecerá que éste es el caso.[27]

Finalmente, hay que destacar dos puntos generales. Primero, debemos tener presente que la cinemática medieval era una labor totalmente abstracta, como la matemática moderna. Se afirmaba, por ejemplo, que *si* un movimiento uniformemente acelerado existiera, *entonces* la regla de Merton le sería aplicable. Jamás un estudioso medieval identificó un ejemplo de tal movimiento en el mundo real. ¿Hay una explicación satisfactoria de una conducta tan aparentemente extraña? Sí, la hay. Dada la tecnología disponible en la Edad Media (particularmente para la medida del tiempo), demostrar que un determinado movimiento era uniformemente acelerado habría sido una hazaña considerable. Incluso en el siglo XX, imagínense la dificultad de producir o identificar un movimiento uniformemente acelerado sin el tipo de equipo disponible en los laboratorios de física. Pero, lo que quizás es más importante: los estudiosos medievales que desarrollaron este análisis cinemático eran matemáticos y lógicos.

27. Sobre la representación geométrica de las cualidades, véanse Marshall Clagett, *Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions*, págs. 50-121; Clagett, *Science of Mechanics*, cap. 6; y Murdoch y Sylla, «The Science of Motion», págs. 237-241. Sobre la regla de Merton, véase *Science of Mechanics*, cap. 5.

Y, como en el caso de los matemáticos y lógicos modernos, no se les habría ocurrido desplazar su lugar de trabajo del despacho al taller.

Segundo, a partir de esta labor puramente intelectual surgió un nuevo marco conceptual para la cinemática y una variedad de teoremas (la regla de Merton, por ejemplo) que figuran de un modo sobresaliente en la cinemática desarrollada en el siglo XVII por Galileo, a través del cual entraron en la corriente principal de la mecánica moderna.[28]

La dinámica del movimiento local

Tras haber tratado ampliamente de la cinemática medieval —el esfuerzo para describir matemáticamente el movimiento— debo concluir este análisis de la mecánica medieval con una breve exposición de las contribuciones al análisis *causal* del movimiento. En la Edad Media, el punto de partida de toda idea dinámica era el principio aristotélico de que las cosas movidas son siempre movidas por un motor. Primero debemos dejar claro lo que en la Edad Media se consideraba que significaba este principio. Después examinaremos los intentos de identificar el motor en distintos casos de movimiento particularmente difíciles. Y, finalmente, examinaremos los intentos de cuantificar la relación entre la fuerza o poder de un motor y la velocidad resultante del cuerpo movido.

Aristóteles, el lector lo recordará, dividía el movimiento en dos categorías: natural y forzado. Un movimiento natural, por el que un objeto se mueve hacia su lugar natural, aparentemente surgía de un principio interno, la naturaleza del cuerpo. Un movimiento en cualquier otra dirección debe ser un movimiento forzado, producido por la aplicación de una fuerza externa en continuo contacto con el cuerpo movido. En líneas generales, esto parece bastante claro, pero surgieron problemas cuando los estudiosos medievales intentaron aportar precisión en la identificación del motor en el movimiento natural y en un caso particularmente incómodo de movimiento forzado.

En su *Física*, donde da una explicación del motor para el movimiento natural, Aristóteles vacilaba, sugiriendo primero que el movimiento natural podía resultar de un causa interna, la naturaleza del cuerpo, pero afirmaba después que la naturaleza del cuerpo no agota la cuestión y que

28. Sobre la relación de Galileo con la tradición mecánica medieval, véase más adelante el capítulo 14, nota 36.

también se requería la participación de un motor externo. La ambivalencia de Aristóteles planteaba un problema obvio a sus seguidores medievales, que se sintieron obligados a preguntarse si era suficiente o no afirmar que el cuerpo se mueve por su propia naturaleza. Avicena y Averroes consideraron esta explicación inaceptable puesto que no distinguía suficientemente entre lo que es movido (el cuerpo) y lo que mueve (la naturaleza del cuerpo). Descubrieron lo que les pareció una alternativa adecuada en la distinción forma-materia, proponiendo que la forma de un cuerpo es el motor, mientras que su materia es la cosa movida. En Occidente, Tomás de Aquino repudió esta solución, recordando a sus lectores que la materia y la forma son inseparables y no pueden ser tratadas como cosas distintas. En su lugar, el Aquinate (recuperando una propuesta de Aristóteles) afirmaba que en el caso del movimiento natural el motor es, en principio, cualquier cosa que haya hecho que el cuerpo esté fuera de su lugar natural. Después de eso, el cuerpo no requiere ningún motor sino que simplemente hace lo que hace naturalmente. El debate sobre esta cuestión continuó a lo largo de la Edad Media tardía, sin un vencedor claro.[29]

El caso particular de movimiento forzado que resultaba más difícil era el de los proyectiles. El problema era explicar la continuación de su movimiento después de que dejara de estar en contacto con el proyector original. Aristóteles había atribuido un papel causal al medio, afirmando que el lanzador proyecta simultáneamente el proyectil y dota al medio circundante del poder de producir movimiento. Este poder se transmite de una parte a otra de tal modo que el proyectil está siempre rodeado por una porción del medio capaz de moverlo. A partir de esta explicación estaba claro que se requería una fuerza externa, continuamente en contacto con el proyectil.

La primera oposición importante a la explicación de Aristóteles provino del comentario a la *Física* del filósofo alejandrino del siglo VI Juan Filópono († después del 575), al que le parecía que el medio actúa como resistencia más que como motor y que dudaba de que pudiera desempeñar las dos funciones simultáneamente. Siendo neoplatónico y decidido antiaristotélico, Filópono lanzó un fuerte ataque contra la filosofía natural

29. Sobre esta cuestión excesivamente técnica, véanse Richard Sorabji, *Matter, Space, and Motion: Theories in Antiquity and Their Sequel*, cap. 13; y James W. Weisheipl, *Nature and Motion in the Middle Ages*, caps. 4-5 (pág. 92 para las palabras citadas). Para los textos aristotélicos, véase Aristóteles, *Física*, II.1, VII.1 y VIII.4.

aristotélica, incluida la idea de que los movimientos forzados requieren motores externos. En su lugar, propuso que todos los movimientos, natural y forzado por igual, son el resultado de motores internos. Así pues, cuando un proyectil es lanzado, el proyector imprime en el proyectil una «fuerza motiva incorpórea», y esta fuerza interna es la responsable del movimiento.[30]

Aunque la fuerza motiva impresa de Filópono tenía orígenes radicalmente antiaristotélicos, con el tiempo fue absorbida en la tradición aristotélica medieval. El comentario de Filópono a la *Física* de Aristóteles tuvo una considerable influencia en la traducción árabe y parece haber tenido un impacto indirecto sobre el pensamiento medieval latino, aunque todavía están por descubrir los detalles de la transmisión.[31] En el siglo XIII, algunas teorías que tenían una gran semejanza con la de Filópono fueron discutidas y rechazadas por Roger Bacon y Tomás de Aquino. En el siglo XIV, la teoría de la fuerza impresa fue defendida, primero por el teólogo franciscano Francisco de Marchia (fl. 1320), y posteriormente por Juan Buridán (ca. 1295-ca 1358) y otros. Examinemos la versión de la teoría de Buridán, a menudo considerada su forma más avanzada.

Buridán empleó un nuevo término, «ímpetu», para denotar esta fuerza impresa, terminología que siguió siendo estándar hasta la época de Galileo. Buridán describe el ímpetu como un cualidad cuya naturaleza consiste en mover el cuerpo en el que está impreso, y cuesta distinguir esta cualidad del movimiento que produce: «El ímpetu es algo de naturaleza permanente, distinta del movimiento local con el que el proyectil se mueve [...] Y es probable que el ímpetu sea una cualidad naturalmente presente y predispuesta para mover un cuerpo en el que está impreso». En defensa de la teoría del ímpetu, Buridán señaló el caso análogo de un imán, que es capaz de imprimir en el acero una cualidad que tiene la capacidad de mover el acero hacia el imán. Como cualquier cualidad, el ímpetu se desgasta por la presencia de la oposición o resistencia, pero en caso contrario conserva su fuerza original. Buridán dio un primer paso hacia la cuantificación del ímpetu al declarar que su fuerza ha de medirse

30. Sobre Filópono, véase Clagett, *Science of Mechanics*, págs. 508-510. Para estudios más recientes, que hacen más justicia al carácter neoplatónico radical del ataque de Filópono a la dinámica aristotélica, véanse Michael Wolff, «Philoponuns and the Rise of Preclassical Dynamics»; y Sorabji, *Matter, Space, and Motion*, cap. 14.

31. Para lo más reciente sobre este tema, véanse Fritz Zimmermann, «Philoponus' Impetus Theory in the Arabic Tradition»; y Sorabji, *Matter, Space, and Motion*, págs. 237-238. Véase también Clagett, *Science of Mechanics*, págs. 510-517.

mediante la velocidad y la cantidad de materia del cuerpo en el que está impreso. Finalmente, Buridán extendió el alcance explicativo de la teoría del ímpetu más allá del simple movimiento del proyectil, afirmando que el movimiento de los cielos podía ser explicado plausiblemente por la imposición por parte de Dios de un ímpetu a las esferas celestes en el momento de la creación. Dado que los cielos no ofrecen resistencia, este ímpetu no se desgastaría y la esferas celestes se moverían (como la observación muestra que lo hacen) eternamente con un movimiento inmutable. Además explicó la aceleración de los cuerpos en caída mediante la suposición de que, a medida que el cuerpo cae, su gravedad genera continuamente un ímpetu adicional en el cuerpo; y a medida que el ímpetu crece, da lugar a un aumento de la velocidad.[32]

La teoría del ímpetu se convirtió en la explicación dominante del movimiento de los proyectiles hasta el siglo XVII, cuando una nueva teoría del movimiento, que negaba que la fuerza (interna o externa) fuese necesaria para la continuación del movimiento sin resistencias, ganó aceptación gradualmente. Ha habido muchos intentos de considerar la teoría del ímpetu como un importante paso en la dirección de la dinámica moderna. Por ejemplo, a menudo se ha prestado atención al parecido cuantitativo entre el ímpetu de Buridán (velocidad × cantidad de materia) y el concepto moderno de momento (velocidad × masa). Sin duda hay conexiones, pero debemos destacar que el ímpetu de Buridán era la *causa* de la continuación del movimiento del proyectil, mientras que nuestro momento es la medida de un movimiento que no requiere causa para su continuación, en tanto que no encuentre resistencia. En resumen, Buridán todavía trabajaba en un marco conceptual que era fundamentalmente aristotélico. Eso significa que le separaba un mundo (o su concepción del mundo) de los filósofos naturales del siglo XVII que formularon una nueva mecánica sobre una nueva concepción del movimiento y la inercia.

32. Sobre la teoría del ímpetu, véanse Clagett, *Science of Mechanics*, págs. 521-525 (la cita está en la pág. 524); y Anneliese Maier, «Die naturphilosophische Bedeutung der scholastichen Impetustheorie», traducido como «The Significance of Theory of Impetus for Scholastic Natural Philosophy», en Maier, *On the Threshold of Exact Science*, págs. 76-102. Desconocido para Buridán, Filópono había anticipado su sugerencia de que el ímpetu o fuerza impresa podía usarse para explicar el movimiento celeste; véase Sorabji, *Matter, Space, an Motion*, pág. 237.

La cuantificación de la dinámica

Queda una pregunta: ¿es posible cuantificar las relaciones dinámicas entre la fuerza, la resistencia y la velocidad? Muchos estudiosos medievales creyeron que sí lo era. El problema se retrotraía hasta Aristóteles, que había hecho un breve y preliminar intento en el análisis cuantitativo, defendiendo una variedad de proposiciones tales como las siguientes: «Cuanto mayor es el peso (del cuerpo en caída) más veloz es su movimiento»; «Cuanto mayor es la resistencia (encontrada por el cuerpo en caída), más lento es su movimiento»; y «Cuanto menor es un objeto movido, más rápidamente lo moverá una fuerza dada». Los historiadores, aunando esfuerzos, han tratado de extraer una relación matemática de estas afirmaciones, atribuyendo a Aristóteles la idea de que la velocidad es proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la resistencia. Expresado en términos modernos esto se convierte en:

$$v \propto F/R$$

Esta relación es indudablemente útil como un medio económico de expresar los elementos esenciales de la dinámica aristotélica, lo cual explica por qué se continúa repitiendo. Pero también es potencialmente engañoso y debe ser empleado con gran precaución. Ciertamente, Aristóteles no habría aceptado que la velocidad es proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la resistencia para todos los valores de F y R, como la forma matemática de la relación puede sugerir. Además, no tenía una concepción clara de la velocidad como un término técnico filosófico o científico, cuantificable.

Las ideas dinámicas de Aristóteles tenían claras implicaciones respecto a la posibilidad del movimiento en el vacío. Si es verdad que la velocidad de un cuerpo en caída es una función de la resistencia que éste encuentra, entonces un vacío, en el que no hay resistencia en absoluto, no haría nada para retardar el movimiento del cuerpo. En este caso, éste se movería con una velocidad infinita. Puesto que el movimiento infinitamente veloz es absurdo, afirmó Aristóteles,[33] está claro que el vacío es imposible. Pues bien, este uso de su teoría del movimiento para probar la imposibilidad de un

33. En un movimiento infinitamente rápido, no se requeriría tiempo alguno para que el cuerpo móvil pasara de un punto a otro. Se sigue que el cuerpo podría estar en ambos puntos simultáneamente, y esto es físicamente imposible.

vacío, fue lo que provocó un fuerte ataque del neoplatónico alejandrino Juan Filópono. Éste apeló a la observación cotidiana para refutar la afirmación básica aristotélica de que el tiempo de descenso de un cuerpo en caída a través de un medio es inversamente proporcional al peso:

> Pero esto [la idea de Aristóteles] es completamente erróneo, y nuestro punto de vista puede ser corroborado por la observación real de modo más efectivo que por cualquier clase de argumento verbal. Pues si dejas caer dos pesos desde la misma altura, el uno muchas veces más pesado que el otro, verás que la razón de los tiempos requeridos para el movimiento no depende [únicamente] de la razón de los pesos, sino que la diferencia en el tiempo es muy pequeña. Y de este modo, si la diferencia de los pesos no es considerable, esto es, si uno es, digamos, el doble del otro, no habrá diferencia, o bien una diferencia imperceptible, en el tiempo [...].[34]

Si la teoría de Aristóteles es falsa, ¿cuál es la verdadera? Filópono animaba a sus lectores a pensar en la caída de los cuerpos del siguiente modo. La causa eficiente del descenso de un cuerpo en caída es el peso. En el vacío, donde no hay resistencia, el único determinante del movimiento será el peso del cuerpo. Consecuentemente, los cuerpos más pesados atravesarán una distancia dada más rápidamente (esto es, en menos tiempo) que los cuerpos más ligeros. Y, desde luego, ninguno de ellos se moverá con velocidad infinita, como Aristóteles había supuesto. (Filópono no afirmaba que la rapidez del movimiento en el vacío fuera directamente proporcional al peso, pero quizás esperaba que esto se diera por supuesto.) Ahora bien, en un medio, la resistencia de éste enlentece el movimiento en una cierta cantidad, y el efecto neto de este enlentecimiento ha de salvar la diferencia de velocidad entre cuerpos más pesados y más ligeros, llevando a los resultados descritos en la cita anterior.

El punto de vista de Filópono fue desarrollado y defendido en el Islam por Avempace (Ibn Bāŷŷa, † en 1138). Avempace, a su vez, fue atacado por Averroes. Y, a través de Averroes, la controversia pasó a Occidente, donde fue reanudada por Tomás Bradwardine, un mertoniano del siglo XIV. Pero con Bradwardine surgió una diferencia. Mientras todos sus predecesores se habían interesado principalmente por la naturaleza y las causas del movimiento, Bradwardine estaba decidido a considerar el

34. Morris R. Cohen e I. E. Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, pág. 220, con varios cambios. Véase también Clagett, *Science of Mechanics*, págs. 433-435, 546-547.

problema en términos matemáticos. Esto significaba que tenía que empezar por dar una formulación matemática de cada una de las alternativas, de las cuales fue capaz de identificar tres. Bradwardine expresó estas alternativas en palabras y no en símbolos matemáticos, pero las siguientes fórmulas captan adecuadamente su propósito.

Primera teoría (que sin duda pretende representar la opinión de Filópono y Avempace):

$$V \propto F - R$$

Segunda teoría (sugerida por un pasaje de Averroes):

$$V \propto \frac{F - R}{R}$$

Tercera teoría (que representa la interpretación tradicional de Aristóteles):

$$V \propto \frac{F}{R}$$

Bradwardine fue capaz de refutar las tres teorías llamando la atención sobre sus consecuencias absurdas o inaceptables. La primera teoría, por ejemplo, fracasa debido a que contradice el principio de Aristóteles según el cual el duplicar tanto la fuerza como la resistencia mantendría la velocidad sin cambios. Y la tercera teoría falla porque no predice la velocidad cero cuando la resistencia es igual a, o mayor que, la fuerza.

En lugar de estas desacreditadas teorías, Bradwardine propuso una «ley de la dinámica» alternativa. No hay un modo fácil de enunciar la «ley» de Bradwardine. Ser fieles a su propia explicación nos adentraría en la teoría medieval de la composición de razones más profundamente de lo que nosotros podemos ir. Quizás el modo *moderno* más simple de expresar la relación matemática que Bradwardine tenía en mente es afirmar que según su «ley» la velocidad crece aritméticamente mientras que la razón F/R crece geométricamente. Es decir, para doblar la velocidad debemos elevar al cuadrado la razón F/R; para triplicarla, debemos elevar al cubo la razón F/R; etc. Ahora considérese el siguiente ejemplo numérico:

Aplíquese primero una fuerza (F_1) de 4, después una fuerza (F_2) de 16, a un cuerpo que ofrece una resistencia (R) de 2. Primero calcúlense las razones F/R:

$$\frac{F_1}{R} = \frac{4}{2} = 2$$
$$\frac{F_2}{R} = \frac{16}{2} = 8$$

¿Cuál será la razón de las velocidades resultantes? Puesto que 8 es el *cubo* de 2, la velocidad producida por la fuerza de 16 será *tres veces* la velocidad producida por la fuerza de 4.[35]

Hay que destacar tres puntos respecto al logro de Bradwardine. Primero, nosotros hemos hecho la «ley» de Bradwardine más complicada de lo que realmente era al expresarla, como acabamos de hacer, en términos modernos. Debemos comprender que en la tradición matemática medieval en la que Bradwardine está trabajando, el modo de hablar sobre la composición o aumento de razones era mediante el lenguaje de la suma. Por ello, la operación a la que nos hemos referido como una multiplicación de dos razones, en la terminología de Bradwardine, debería haber sido la suma de una razón con otra; y lo que hemos referido como la elevación al cuadrado de la razón F/R, en sus términos, debería haber sido la duplicación de F/R. Consecuentemente, en lugar de relacionar incrementos geométricos en la razón F/R con incrementos aritméticos en la velocidad (como hemos hecho arriba), Bradwardine meramente habría afirmado que a «doble» velocidad se debe doblar la razón de F a R. En resumen, Bradwardine no proponía algunas relaciones matemáticas esotéricas, sino (como ha señalado recientemente un historiador) «la expresión menos complicada que tenía a mano».[36]

35. Los análisis clásicos de Bradwardine y de sus predecesores, todavía útiles, son los de Maier, *Die Vorläufer Galieis*, págs. 81-110 (parcialmente traducido en Maier, *On the Threshold of Exact Science*, págs. 61-75); y Ernest A. Moody, «Galileo and Avempace: The Dynamics of the Leaning Tower Experiment». Para una investigación algo más reciente, véanse Clagett, *Science of Mechanics*, cap. 7; y *Thomas of Bradwardine, His «Tractatus de Proportionibus»: Its Significance for the Development of Mathematical Physics*, comp. y trad. de H. Lamar Crosby, Jr.

36. A. G. Molland, «The Geometrical Background to the "Merton School"», esp. págs. 116-121 (la cita en pág. 120); Murdoch y Sylla, «Science of Motion», págs. 225-226;

Segundo, la formulación de la «ley de la dinámica» de Bradwardine resultó influyente. Sus implicaciones fueron brillantemente desarrolladas por Richard Swineshead y Nicolás de Oresme en el siglo XIV, y se continuó discutiendo la «ley» incluso hasta el siglo XVI.[37] Tercero, sea cual sea nuestra evaluación exacta del logro de Bradwardine, debemos aceptar que su iniciativa fue inconfundiblemente matemática. Es verdad que su refutación de las alternativas incluía apelaciones a la experiencia cotidiana, pero está claro que su meta principal era satisfacer los criterios de la coherencia matemática. En resumen, Bradwardine no descubrió ni defendió su «ley» por medios experimentales. Tampoco está claro el provecho que hubiera podido darle un enfoque experimental, si se hubiera sentido inclinado a adoptarlo. La tarea emprendida por los estudiosos medievales fue la formulación de un marco conceptual y matemático adecuado para analizar los problemas del movimiento. Sin duda éste era el objetivo primario del asunto, y los estudiosos medievales lo cumplieron de modo brillante. La tarea adicional de interrogar a la naturaleza, para descubrir si aceptaría el marco conceptual así formulado, se dejaba a las generaciones futuras.

La ciencia de la óptica

Concluyo este análisis de la física sublunar con una breve exposición de la ciencia de la óptica (o perspectiva, como pasó a llamarse en el cristianismo latino). La decisión de considerar la óptica en este capítulo es algo arbitraria, pues era una disciplina de una extensión excesivamente amplia, afiliada de un modo u otro a muchos temas, incluidas la matemática, la física, la cosmología, la teología, la psicología, la epistemología, la biología y la medicina.[38] Pero aquí se adecuará bastante bien.

Los trabajos de Aristóteles, Euclides y Ptolomeo, que habían dominado el pensamiento griego sobre la luz y la visión, fueron traducidos al

Edith D. Sylla, «Compounding Ratios: Bradwardine, Oresme, and the first edition of Newton's *Principia*».

37. Murdoch y Sylla, «Science of Motion», págs. 227-230; Clagett, *Marliani*, cap. 6; Clagett, *Science of Mechanics*, pág. 443. Sobre la obra de Swineshead, véase John E. Murdoch y Edith D. Sylla, «Swineshead, Richard», *Dictionary of Scientific Biography*, 13, págs. 184-213. Sobre Oresme, véanse Nicole Oresme, «De proportionibus proportionum» y «Ad pauca respicientes», comp. y trad. de Edward Grant.

38. Sobre la óptica medieval en general, véanse David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*; Lindberg, «The Science of Optics»; Lindberg, «Optics,

árabe y dieron nacimiento a una importante tradición islámica de estudios ópticos. Los distintos enfoques griegos de los fenómenos ópticos fueron tomados en serio, defendidos y extendidos. Pero el mayor logro de la óptica islámica fue el éxito en la integración de estas tradiciones ópticas griegas separadas e incompatibles en una única teoría completa.

La mayor parte de las ideas ópticas griegas tenían un enfoque limitado, estaban guiadas por un conjunto u otro de criterios relativamente restringido. Aristóteles, por ejemplo, estaba interesado casi exclusivamente en la naturaleza física de la luz y en el mecanismo físico del contacto, en la percepción visual, entre el objeto observado y el ojo observador. En su teoría, ni el análisis matemático ni las cuestiones anatómicas o fisiológicas ocupaban un lugar significativo. En especial, afirmaba que el objeto visible produce una alteración en el medio transparente. El medio transmite instantáneamente esta alteración al ojo del observador, con el que está en contacto, para producir la sensación. Se trata de una teoría de la «intromisión», así llamada debido a que el agente responsable de la visión pasa desde el objeto observado al ojo. Los atomistas griegos, que también exigían una explicación física de la visión, identificaban un agente causal diferente —una delgada «cáscara» o «simulacro» de átomos desprendida de la superficie exterior del objeto, en lugar de una alteración del medio transparente— pero se unían a Aristóteles en la creencia de que una teoría causal debía ser una teoría de la intromisión.

Los intereses de Euclides, por el contrario, eran casi exclusivamente matemáticos. El objetivo de su *Óptica* era desarrollar una teoría geométrica de la percepción del espacio, basada en el cono visual, con un interés mínimo por los aspectos no matemáticos de la luz y la visión. Según esta teoría de la visión, la radiación emana desde el ojo en forma de un cono. La percepción se produce cuando los rayos del cono son interceptados por un objeto opaco. El tamaño percibido, la figura y localización del objeto son determinados por el esquema y localización de los rayos interceptados. Dado que sostiene que la radiación sale del ojo, nosotros llamamos a ésta «teoría de la "proyección"».

Finalmente, médicos tales como Herófilo y Galeno se interesaban por la anatomía del ojo y la fisiología de la visión. Galeno mostraba una sóli-

---

Western European», *Dictionary of the Middle Ages*, 9, págs. 247-253; los artículos recogidos en Lindberg, *Studies in the History of Medieval Optics*; los artículos ópticos contenidos en Bruce S. Eastwood, *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes*; y A. Mark Smith, «Getting the Big Picture in Perspectivist Optics».

da comprensión de las cuestiones matemáticas y causales, pero hizo su principal contribución a la teoría visual mediante un análisis de la anatomía del ojo y de la participación de los distintos órganos que formaban la vía del proceso de visión.

La contribución islámica, como he indicado, consistió en fusionar estas teorías griegas dispares. El principal arquitecto de dicha fusión fue el brillante matemático y filósofo natural Alhacén (Ibn al-Haytam, ca. 965-ca. 1040), aunque Ptolomeo, el último gran estudioso de la óptica de la antigüedad, había indicado el camino. Nuestro análisis del logro de Alhacén resultará más simple si, por el momento, dejamos de lado los intereses anatómicos y fisiológicos de la tradición médica y limitamos nuestra atención a los aspectos matemático y físico de la visión.

Para empezar, es importante señalar que las antiguas teorías de la visión de tendencia matemática (las de Euclides y Ptolomeo) invariablemente asumían la proyección de la luz desde el ojo, mientras que las teorías que tenían como interés principal la plausibilidad física (si cabe juzgarlas a partir de las obras de Aristóteles y los atomistas) tendían a asumir la intromisión de la luz en el ojo.[39] Si hubiera habido alguna duda respecto a esta correlación, habría sido eliminada por el lector atento de las obras de Aristóteles al descubrir que en la única ocasión en la que intenta un análisis matemático de los fenómenos ópticos (en la teoría del arco iris), Aristóteles emplea una teoría de la visión que incluye la proyección.[40]

Por tanto, el logro de Alhacén fue doble. Primero, demolió la teoría de la proyección con un apremiante conjunto de argumentos. Por ejemplo, llamó la atención sobre la capacidad de los objetos brillantes para producir una molestia al ojo (haciendo notar que está en la naturaleza de la molestia el ser infligida desde el exterior) y preguntó cómo era posible, cuando observamos los cielos, que el ojo sea la fuente de una emanación material que llena todo el espacio hasta las estrellas fijas. Habiendo refutado la teoría de la proyección, procedió a formular la defensa de una nueva versión de la teoría de la intromisión, que se apropiaba del cono visual de los proyeccionistas. Con el cono visual llegó también el poder ex-

39. Podría argumentarse convincentemente que la proyección de los rayos era una característica necesaria de las teorías matemáticas de la visión, pues era la emanación cónica de rayos desde el ojo lo que definía el cono visual, que a su vez hacía posible el análisis matemático de la visión.

40. Véanse Aristóteles, *Meteorológicos*, III, 4-5; y Lindberg, *Theories of Vision*, pág. 217, nota 39.

plicativo de la teoría de la proyección, que así se emparejaba por primera vez con las explicaciones físicas satisfactorias proporcionadas por la teoría de la intromisión. Esto puede parecer un paso sencillo, pero consideremos algunas dificultades.[41]

En primer lugar, los escritores antiguos no ofrecieron ninguna teoría de la radiación adecuada para los propósitos de Alhacén. En las fuentes antiguas, la radiación generalmente se presentaba como un proceso holístico en el que el objeto visible irradia como una unidad coherente. No se pensaba que la radiación tuviera lugar independientemente desde puntos individuales (como en la moderna teoría óptica), más bien se consideraba que el objeto como un todo enviaba al ojo una imagen o un poder coherentes a través del medio (como en la teoría atomista de las imágenes o simulacros).[42] No había modo de imponer un cono visual en una concepción del proceso de radiación de este tipo. Sin embargo, el filósofo al-Kindī († ca. 866) formuló una nueva teoría de la radiación que fue adoptada (o inventada independientemente) por Alhacén. Al-Kindī y Alhacén concebían la radiación como un proceso incoherente, en el que los puntos individuales o pequeñas partes de un cuerpo luminoso irradian no como un grupo coherente, sino cada uno independientemente de los demás y en todas direcciones (véase la figura 12.9.).

Se trataba de una innovación importante, pero planteaba nuevos problemas para todos aquellos que esperaban defender una teoría de la visión con el esquema de la intromisión. ¿Puede un proceso incoherente de radiación desde los objetos visibles explicar la percepción visual coherente que experimenta todo el que tiene una visión normal? Si cada punto del objeto visible irradia en todas direcciones, entonces sin duda todo punto del ojo recibirá radiación desde cada punto del campo visual (véase la figura 12.10.). Esto, más que a una percepción clara, llevaría a una total confusión. Lo que necesitamos para explicar nuestra experiencia perceptiva es una correspondencia unívoca, en la que cada punto del humor sensible primario u órgano del ojo (identificado por Galeno y sus seguidores como el humor cristalino o lente) responda a la radiación de un

41. Sobre los logros en óptica de Alhacén, véase la traducción definitiva y el comentario de A. I. Sabra (comp. y trad.), *The Optics of Ibn al-Haytham: Books I-III, On Direct Vision*. Para exposiciones más breves, véanse Sabra, «Ibn al-Haytham», *Dictionary of Scientific Biography*, 6, págs. 189-210; Sabra, «Form in Ibn al-Haytham's Theory of Vision»; y Lindberg, *Theories of Vision*, cap. 4.

42. Véase anteriormente, capítulo 5.

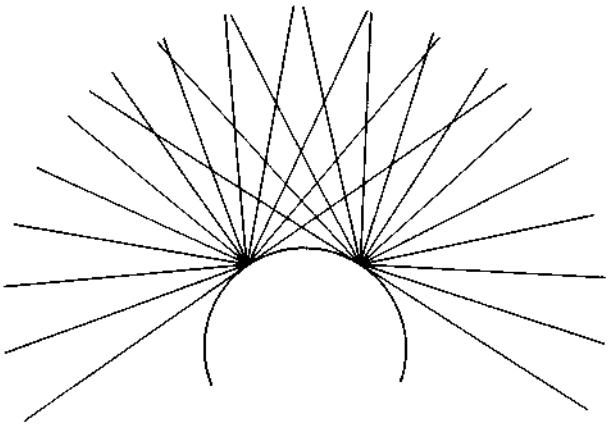


FIG. 12.9. *Radiación incoherente desde dos puntos de un cuerpo luminoso.*

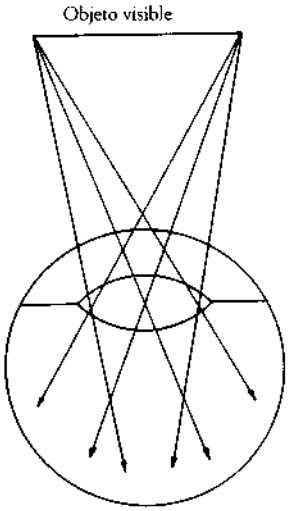


FIG. 12.10. *Rayos que salen de los puntos extremos de un objeto visible mezclándose dentro del ojo. En aras de la simplicidad, no se muestra la mezcla de rayos por refracción en los distintos interfaces.*

punto del campo visual. Y, si es posible, el esquema de los puntos receptores del ojo debería ser una réplica exacta del esquema de los puntos radiantes del campo visual, explicando de este modo la correspondencia entre el mundo exterior y el mundo tal como lo vemos.

La solución de Alhacén a este problema fue afirmar que, aunque cada punto del campo visual efectivamente envía radiación a cada punto del ojo, no toda su radiación es capaz de hacerse sentir. Solamente un rayo de cada punto del campo visual, señaló, incide en el ojo perpendicularmente (véase la figura 12.11.). Todos los demás inciden oblicuamente y son

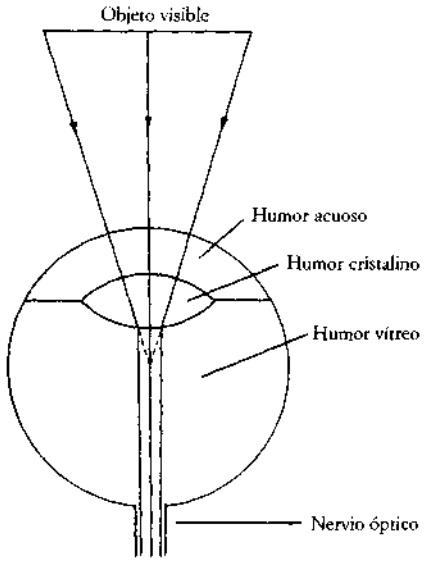


FIG. 12.11. *El cono visual y el ojo en la teoría de la intromisión de Alhacén. Los rayos que desde el objeto inciden oblicuamente en el ojo (y sufren refracción) no se muestran, puesto que sólo intervienen de modo accesorio en el proceso de la visión.*

refractados. Como resultado de la refracción estos otros rayos se debilitan hasta el punto en que sólo desempeñan un papel incidental en el proceso de la visión. El órgano sensitivo primario del ojo, el humor cristalino o lente, presta atención a los rayos perpendiculares, y éstos forman un cono visual, con el campo visual en la base y el centro del ojo como vértice. De este modo, Alhacén alcanzó su objetivo: al importar con éxito el cono visual de los proyeccionistas a la teoría de la intromisión, había combinado las ventajas del proyeccionismo y el intromisionismo; había unido los enfoques matemático y físico de la visión en una única teoría. Es importante añadir, aunque no tenemos espacio para profundizar en ello, que también incorporó las ideas anatómicas y fisiológicas de la tradición galénica (la figura 12.11. reproduce su concepción básica de la anatomía del ojo), proporcionando así una teoría visual unificada que respondía a los tres tipos de criterios.

Puede que la teoría visual haya sido la actividad central de la óptica de Alhacén, pero sus intereses se extendían a todo el registro de fenómenos ópticos. Analizó la naturaleza de la radiación asociada a la luz y el color, distinguiendo entre los objetos naturalmente luminosos y aquellos que brillan con luz derivada o secundaria. Estudió la física de la reflexión y de la refracción. Continuó y extendió el análisis matemático de la luz radiante y del color, tratando de modo sofisticado problemas de la formación de

la imagen por reflexión y refracción. Y llevó a cabo un análisis serio e influyente de la fisiología de la percepción visual.

La *Óptica* de Alhacén ejerció una poderosa influencia sobre la óptica occidental después de su traducción al latín, a finales del siglo XII o principios del XIII. Pero no fue la única fuente influyente. El *Timeo* de Platón había estado disponible desde hacía mucho tiempo, y no sólo afrontaba el tema de la visión, sino que también había dado lugar a una importante tradición neoplatónica de pensamiento en el campo de la óptica. Las obras ópticas de Euclides, Ptolomeo y al-Kindī, traducidas en la segunda mitad del siglo XII, pusieron de manifiesto lo prometedor de un enfoque matemático de la óptica, en un momento en el que la *Óptica* de Alhacén aún no estaba disponible. Los escritos de Aristóteles, Avicena y Averroes dejaron la firme impresión de que los problemas reales eran físicos y fisiológicos más que matemáticos. Y distintas fuentes, incluido un opúsculo de Hunayn ibn Ishāq, transmitieron el contenido anatómico y fisiológico de la tradición galénica. Como en muchas otras áreas, pues, los estudiosos occidentales se vieron de pronto enriquecidos con un espléndido nuevo cuerpo de conocimiento, aunque no era simple, sino complejo, y contenía ideas y tendencias en conflicto. El problema al que se enfrentaban los estudiosos occidentales era el de reconciliar y armonizar, reelaborándola, esta desconcertante herencia intelectual en una filosofía natural coherente y unificada.[43]

Entre los primeros que emprendieron esta tarea hubo dos distinguidos estudiosos de Oxford: Robert Grosseteste, en las décadas de 1220 y 1230, y Roger Bacon en la de 1260. Al trabajar a principios de siglo, Grosseteste (ca. 1168-1253) tenía la desventaja de un conocimiento imperfecto de las fuentes ópticas enumeradas más arriba, y sus escritos ópticos fueron valiosos principalmente como inspiración. Fue Roger Bacon (ca. 1220-ca. 1292), inspirado por Grosseteste pero con la ventaja de un total dominio de la literatura óptica de la antigüedad griega e islámica medieval, el que determinó el curso futuro de la disciplina.

Siguiendo las grandes líneas de la teoría óptica tal como fue desarrollada por Alhacén, Bacon adoptó la teoría de la intromisión de Alhacén en casi todos sus detalles. Había quedado extraordinariamente impresionado por el éxito del análisis matemático que había hecho Alhacén

43. Sobre la recepción occidental de la óptica griega e islámica, véase (además de las fuentes ya citadas) David C. Lindberg, «Roger Bacon and the Origins of *Perspectiva* in the West».

de la luz y de la visión, y en sus propias obras transmitió a las futuras generaciones la promesa del enfoque matemático. Pero Bacon (como muchos de su generación) estaba convencido de que todas las autoridades antiguas e islámicas estaban fundamentalmente de acuerdo, y por ello se comprometió a mostrar que todos (o casi todos) los que habían escrito sobre la luz y la visión estaban de acuerdo. Eso significaba que tendría que reconciliar las enseñanzas en óptica de un grupo tan diverso como Aristóteles, Euclides, Alhacén y los neoplatónicos. Dos ejemplos servirán para ilustrar cómo consiguió esta proeza.[44]

Respecto a la dirección de la radiación (desde o hacia el ojo, el punto en litigio entre los proyeccionistas y los intromisionistas), Bacon se mostró de acuerdo con Alhacén y Aristóteles en que la visión tiene lugar sólo mediante los rayos que entran. ¿Qué pasa, entonces, con los rayos emitidos hacia fuera por los que abogaban Platón, Euclides y Ptolomeo? Obviamente no podían ser responsables de la visión, pero aún así podían existir y desempeñar un papel secundario en el proceso visual: el de preparar el medio para recibir los rayos emanados desde el objeto visible y ennoblecer los rayos que llegaban al punto en el que podían actuar sobre el ojo. Respecto a la naturaleza de la radiación, Bacon aceptó la concepción neoplatónica del universo como una vasta red de fuerzas, en la que cada objeto actúa sobre objetos que están en su entorno próximo mediante la radiación de una fuerza o imagen de sí mismo. Además, pensaba que esta fuerza universal era el instrumento de toda causalidad y, sobre esta base, desarrolló (lo que resultó ser) una influyente filosofía de la naturaleza. En cuanto a la luz y el color, Bacon afirmó que (como cualquier otro agente visible analizado por los autores ópticos) eran meramente manifestaciones particulares de esta fuerza universal.[45]

La de Bacon no fue la única voz que se ocupó de los problemas ópticos en la segunda mitad del siglo XII, pero las teorías ópticas de Alhacén, incluido su enfoque combinado físico-matemático-fisiológico, pasaron a ser dominantes en el pensamiento occidental, en buena medida gracias a su influencia y la de dos jóvenes contemporáneos, otro franciscano inglés,

44. Sobre la óptica de Bacon, véanse David C. Lindberg (comp. y trad.), *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition, with English Translation, Introduction, and Notes, of «De multiplicatione specierum» and «De speculis comburentibus»*; *Theories of Vision*, cap. 6; y «Bacon and the Origins of *Perspectiva*».

45. Sobre el neoplatonismo de Bacon, véanse Lindberg, «The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler», págs. 12-23; *Bacon's Philosophy of Nature*, págs. liii-lxxi.

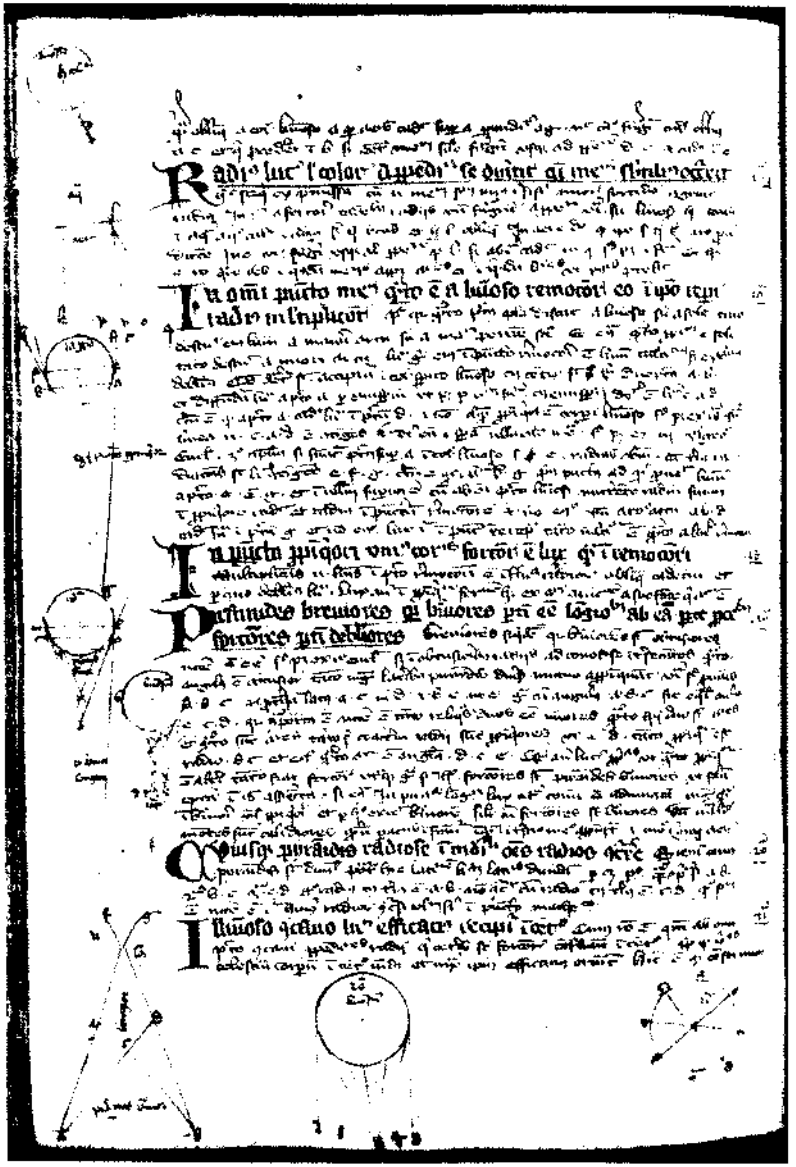


FIG. 12.12. *Una página de la* Perspectiva communis *de John Pecham, con diferencia el texto óptico más popular en las universidades medievales.* Kues, Bibliothek de St. Nikolaus-Hospitals, MS 212, fol. 240v (principios del siglo xv), un manuscrito que en su momento perteneció a Nicolás de Cusa. La refracción de la luz se representa en la esquina superior izquierda, y varios modelos de radiación en los otros dibujos.

John Pecham († en 1292), y un estudioso polaco llamado Witelo († después de 1281), conectado con la corte papal. Cuando en la filosofía natural del siglo XIV aparecían teorías de la luz y de la visión (como frecuentemente sucedía, especialmente en las discusiones epistemológicas), casi siempre eran teorías derivadas de la tradición de Alhacén y de Bacon. Cuando Johannes Kepler empezó a pensar sobre la teoría visual en el año 1600 (un esfuerzo que le llevó posteriormente a su invención de la teoría de la imagen retiniana), tomó el problema donde Bacon, Pecham y Witelo lo habían dejado.[46]

46. Lindberg, *Theories of Vision*, cap. 9; Katherine H. Tachau, *Vision and Certitude in the Age of Ockham: Optics, Epistemology and the Foundations of Semantics, 1250-1345*. La obra de Pecham *Perspectiva communis* está disponible en Lindberg (comp. y trad.), *John Pecham and the Science of Optics*. Está en marcha un proyecto para traducir la voluminosa *Perspectiva* de Witelo. Han sido publicados dos volúmenes: Sabetai Unguru (comp. y trad.), *Witelonis Perspectiva liber primus*; y A. Mark Smith, (comp. y trad.) *Witelonis Perspectiva liber quintus*.

Capítulo 13

La medicina y la historia natural medievales

La tradición médica de la Edad Media inicial

La medicina medieval fue una extensión y una continuación de la tradición médica antigua (examinada en el capítulo 6). Los profesionales medievales de la medicina eran herederos de las teorías de la salud y la enfermedad, las técnicas diagnósticas y los procedimientos terapéuticos de Grecia y Roma. Pero el acceso a este legado fue parcial y a veces precario, y las partes de éste que estaban disponibles en el Islam y la Cristiandad medievales tuvieron que ser adaptadas a las nuevas circunstancias culturales que configuraron profundamente su desarrollo y su uso.[1]

Es difícil hacerse una imagen clara de la medicina medieval inicial en Occidente.[2] El caos económico y social que acompañó la desintegración

1. Para el marco general básico de este capítulo, estoy en deuda con Nancy G. Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine: An Introduction to Knowledge and Practice*; Michael McVaugh, «Medicine, History of», *Dictionary of Middle Ages*, 8, págs. 247-254; y la tutela general de mi colega Faye Getz. El lector también podría consultar: Charles H. Talbot, «Medicine», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, págs. 391-428; y Talbot, *Medicine in Medieval England*. Para una útil revisión de la literatura reciente sobre la medicina medieval, véase Getz, «Western Medieval Medicine». Para un excelente conjunto de textos médicos traducidos (seleccionados, anotados y en algunos casos traducidos por Michael McVaugh), véase Edward Grant (comp.), *A Source Book in Medieval Science*, págs. 700-808. Para las ilustraciones médicas, véanse Loren C. MacKinney, *Medieval Ilustrations in Medieval Manuscripts*; Peter M. Jones, *Medieval Medical Miniatures*; y Marie-José Imbault-Huart, *La médecine au moyen âge à travers les manuscrits de la Bibliothèque Nationale*.

2. Sobre la medicina medieval inicial, véanse especialmente John M. Riddle, «Theory and Practice in Medieval Medicine»; Henry E. Sigerist, «The Latin Medieval Litera-

del Imperio romano probablemente no afectó seriamente el aspecto *artesanal* de la curación: el tratamiento de las heridas y dolencias comunes, la partería, encasamiento de huesos, la preparación y distribución de remedios familiares y cosas parecidas. Especialmente en las áreas rurales, y en el ámbito doméstico, las personas hábiles en las artes curativas continuaron practicando su oficio más o menos como los curadores locales lo habían hecho siempre. Lo que sufrió el colapso romano fue el componente culto, y especialmente el *teórico o filosófico,* de la medicina. La decadencia de las escuelas y la desaparición gradual de la familiaridad con el griego, privaron cada vez más a Occidente de los aspectos cultos de la tradición médica griega, de modo que el número de profesionales de la medicina con un dominio de las tradiciones cultas de la antigua medicina decayó vertiginosamente.

No estoy sugiriendo que Occidente estuviera totalmente desconectado del conocimiento de la medicina griega. La medicina recibió una cierta atención en las primeras enciclopedias latinas, las de Celso, Plinio e Isidoro de Sevilla, por ejemplo.[3] Además, a mediados del siglo VI, una pequeña colección de escritos médicos griegos estaba disponible en traducción latina. Pero la literatura médica griega cubría un amplio espectro de intereses médicos, desde los teóricos a los prácticos, y las obras traducidas se inclinaban por lo práctico. Incluían varias obras de Galeno e Hipócrates, una antología de extractos de fuentes médicas griegas reunidas por Oribasios (fl. siglo IV d.C.), un manual para comadronas de Sorano (siglo I d.C.) y la gran farmacopea (*De materia medica*) de Dioscórides (fl. 50-70 d.C.).

La orientación terapéutica y práctica de la medicina medieval inicial queda bien ilustrada en la *Materia medica* de Dioscórides y la tradición farmacéutica que engendró. Al contener descripciones de unas novecientas plantas, animales y productos minerales que se suponía que tenían un valor terapéutico, la obra de Dioscórides fue uno de los logros monumentales de la medicina helenística. Traducida al latín en el siglo VI, durante la Edad Media inicial, disfrutó sólo de una difusión limitada, quizá

---

ture of the Early Middle Ages»; Linda E. Voigts, «Anglo-Saxon Plant Remedies and the Anglo-Saxons»; M. L. Cameron, «The Sources of Medical Knowledge in Anglo-Saxon England»; Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, págs. 5-13; y (más antiguo pero todavía útil) Loren C. MacKinney, *Early Medieval Medicine, with Special Reference to France and Chartres.*

3. Véanse *Isidore of Seville: The Medical Writtings*, comp. y trad. de William D. Sharpe; y Celso, *De medicina, with and English Translation.*

debido a que era demasiado exhaustiva para ser útil, ya que contenía descripciones de muchas sustancias no disponibles para los europeos de inicios de la Edad Media. Mucho más popular fue un herbolario ilustrado, más corto, titulado *Ex herbis femininis*, basado en Dioscórides, pero que sólo contenía las descripciones de setenta y una sustancias de plantas medicinales, todas disponibles en Europa. A lo largo de la Edad Media inicial, se elaboraron muchas más recopilaciones de recetas médicas.[4]

¿Quiénes eran los profesionales de la medicina capaces de hacer uso de estos textos? En Italia, persistía el modelo romano de la medicina secular, no religiosa, aunque sin duda experimentaba un declive cuantitativo. En Italia, a principios del siglo VI, bajo el gobierno de los ostrogodos, todavía se podían encontrar médicos pagados con fondos públicos. Se sabe que Alejandro de Tralles (un médico griego) practicó en Roma en la segunda mitad del siglo VI. Y distintos datos indican la existencia continuada de una práctica médica secular en las cortes reales (por ejemplo, la del rey franco Clodoveo a finales del siglo V) y en ciudades importantes (Marsella y Burdeos) fuera de Italia.[5]

Pero parece que, progresivamente, las instituciones más adecuadas para la práctica médica fueron las religiosas, particularmente los monasterios, donde el cuidado de los miembros enfermos de la comunidad era una obligación importante. Nuestros datos más antiguos proceden de Casiodoro (ca. 480-ca. 575), fundador de un monasterio en Vivarium, que instruyó a sus monjes para que leyeran las obras médicas griegas en la traducción latina, incluidas las obras de Hipócrates, Galeno y Dioscórides (posiblemente una referencia al *Ex herbis femininis*). Otros datos ponen de manifiesto un alto nivel de la práctica médica, incluido el uso de literatura médica secular, en centros monásticos como Monte Cassino, Reichenau y St. Gall.[6] Es probable que, a lo largo de toda la Edad Media, en la mayoría de los monasterios, excepto en los más pequeños, pudiera encontrarse un conocimiento médico considerable. Y aunque la medicina

4. Sobre Dioscórides, véase John M. Riddle, *Dioscorides on Pharmacy and Medicine*; Riddle, «Dioscorides». Véanse de este último págs. 125-133, dedicadas al *Ex herbis femininis* (una obra no restringida a los remedios para las dolencias femeninas). Sobre las recetas medievales, véanse también Voigts, «Anglo-Saxon Plant Remedies»; Sigerist, «The Latin Medical Literature», págs. 136-141; y MacKinney, *Early Medieval Medicine*, págs. 31-38.

5. MacKinney, *Early Medieval Medicine*, págs. 47-49, 61-73.

6. El pasaje relevante de las *Institutiones* de Casiodoro es citado por MacKinney, *Early Medieval Medicine*, pág. 51. Sobre la medicina monástica más en general, véase *ibid.*, pags. 50-58.

FIG. 13.1. *Una página del manuscrito griego de la* Materia medica *de Dioscórides*. París, Bibliothèque Nationale, MS Gr. 2179, fol. 5r (siglo IX).

practicada dentro del monasterio estuviera destinada principalmente a los miembros de la comunidad monástica, no hay duda de que de vez en cuando se dispensaba a otros: peregrinos, visitantes y la población circundante.

La presencia, en el entorno monástico, de literatura médica secular y de prácticas médicas ligadas a ella planteó un problema obvio, que debemos considerar ahora: ¿cómo interactuaron las tradiciones de la medicina secular griega y romana con las ideas cristianas sobre la curación? No hay una respuesta simple, pero podemos empezar a dar sentido a la compleja realidad si tenemos en cuenta 1) que surgió una tensión filosófica entre el naturalismo de la tradición médica (el supuesto de que sólo intervienen las causas naturales) y las tradiciones sobrenaturales (curación milagrosa) dentro del cristianismo; 2) que la mayoría de la gente (incluida la gente culta) no tenía inclinaciones filosóficas, y por tanto fueron pocos los que notaron alguna vez la tensión; y 3) que para aquellos que la notaron, había varios modos de aliviar o resolver la tensión, al margen de repudiar una u otra clase de curación.

Las fuentes de la tensión son bastante obvias. A medida que el cristianismo medieval maduró, se fue volviendo común en los sermones y en la literatura religiosa enseñar que la enfermedad es una intervención divina, destinada a castigar el pecado o un estímulo para el crecimiento espiritual. En cualquier caso, parecía que la curación habría de ser más espiritual que física. Además, dentro del cristianismo medieval se desarrolló una extendida tradición de curaciones milagrosas, asociadas especialmente con el culto a los santos y a las reliquias. Y, para completar el cuadro, tenemos datos concretos de que las autoridades religiosas denunciaron la medicina secular por su incapacidad para dar resultados.[7]

Es bastante fácil exagerar estas creencias y actitudes en una representación general de la Iglesia cristiana como un oponente implacable de la medicina griega y romana, resueltamente comprometida con la creencia en la causalidad sobrenatural y el uso exclusivo de remedios sobrenaturales. Desafortunadamente, tales intentos falsean seriamente la situación histórica real. Aunque es verdad que estaba muy extendida la concepción

7. Véanse especialmente, Darrel W. Amundsen, «Medicine and Faith in Early Christianity»; Amundsen y Gary B. Ferngren, «The Early Christian Tradition», y Amundsen, «The Medieval Catholic Tradition», ambos en Ronald L. Numbers y Darrel W. Amundsen (comps.), *Caring and Curing: Health and Medicine in the Western Religious Traditions*; y Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine,* págs. 7-9.

de que la enfermedad tiene un origen divino, esto no excluyó las causas naturales, pues la mayoría de los cristianos medievales compartían el punto de vista, común desde los escritos hipocráticos, de que un evento o una enfermedad podía ser simultáneamente natural y divino (véase capítulo 6). En un contexto cristiano, era perfectamente sensato creer que Dios normalmente emplea poderes *naturales* para llevar a cabo los propósitos *divinos*. Por ejemplo, la peste podía explicarse como un justo castigo divino por el pecado y como el resultado de una conjunción desfavorable de planetas o de la corrupción del aire.[8] En cuanto a la práctica de la medicina y al uso de los remedios naturales, todos los escritores cristianos habrían estado de acuerdo en que la curación del alma es más importante que la del cuerpo, y unos pocos denunciaron cualquier uso de la medicina secular. Bernardo de Claraval (1090-1153), escribiendo a un grupo de monjes en el siglo XII, expresaba puntos de vista que habían existido durante siglos:

> Soy perfectamente consciente de que vivís en una región insalubre y que muchos de vosotros estáis enfermos [...] No está en absoluto de acuerdo con vuestra profesión el buscar medicinas corporales, que realmente no conducen a la salud. El uso de hierbas comunes, tal como hacen los pobres, a veces puede ser tolerado, y ésta es la costumbre. Pero comprar tipos especiales de medicinas, acudir a doctores y tomar sus remedios esto no es de religiosos [es decir, monjes].[9]

Pero la gran mayoría de las autoridades cristianas veía con buenos ojos la tradición médica grecorromana, considerándola como un regalo divino, un aspecto de la divina providencia, cuyo uso era legítimo y quizás incluso obligatorio. Basilio de Cesarea (ca. 330-379) hablaba por muchos Padres de la Iglesia cuando escribió que «debemos tener gran cuidado al emplear este arte médico, si fuera necesario, no haciéndolo totalmente responsable de nuestro estado de salud o enfermedad, sino como redundando en la gloria de Dios». Incluso un escritor tan hostil al saber grecorromano como Tertuliano (ca. 155-ca. 230) mostraba su reconocimiento del valor de la medicina grecorromana. Los relatos denigran-

8. Amundsen, «The Medieval Catholic Tradition», pág. 79; Grant, *Source Book*, págs. 773-774.

9. Citado por Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, pág. 14; de Bernardo de Claraval, *Letters*, nº 388, trad. de Bruno Scott James, Chicago, Regnery, 1953, págs. 458-459.

FIG. 13.2. *La curación milagrosa de una pierna*. París, Bibliothèque Nationale, MS Fr. 2829, fol. 87r (finales del siglo XV). Para una discusión sobre esta ilustración, véase Marie-José Imbault-Huart, *La médecine au moyen âge à travers les manuscrits de la Bibliothèque Nationale*, pág. 182.

tes de la medicina convencional que aparecen en las vidas de los santos obviamente tenían una función polémica, a saber, acreditar y magnificar el poder del santo o santa en cuestión demostrando que tenía habilidades curativas que trascendían las del sanador secular. Resulta evidente que no podemos considerar tales denuncias como representativas de los puntos de vista del autor (dejemos de lado el resto de la sociedad medieval) respecto a la medicina secular por el hecho de que muchos de estos mismos autores, en otros contextos o incluso en el mismo contexto, muestran un gran respeto por las prácticas curativas convencionales. Lo que los Padres de la Iglesia anhelaban denunciar no era el uso de la medicina secular, sino la tendencia a sobrevalorarla y la falta de reconocimiento y aceptación de su origen divino.[10]

10. Amundsen, «Medicine and Faith in Early Christianity», págs. 333-349 (pág. 338 para la cita de Basilio). Sobre Tertuliano, véase *De corona*, 8, y *Ad nationes*, II.5, en *The*

Al defender a la Iglesia contra el cargo de haber repudiado la tradición médica, debemos tener cuidado en no caer en el error opuesto. No hay duda de que los primeros cristianos medievales creían en los milagros curativos y de que se servían tanto de la curación religiosa como de la medicina popular, a veces simultáneamente, a veces secuencialmente. En los siglos IV y V el culto a los santos se convirtió en la característica dominante de la cultura europea. Se levantaron santuarios alrededor de la tumba o de alguna reliquia (quizás un hueso) de un santo; y éstos se convirtieron en lugares de peregrinación de un enorme poder de atracción. Uno de los rasgos de estos lugares que contribuyó más poderosamente a su atracción fue el informe de las curas milagrosas producidas allí. Un sólo ejemplo nos servirá para ilustrarlo. Beda († en el 735), en su *Historia eclesiástica de la nación inglesa*, contaba muchas historias de curaciones milagrosas, incluida la de un monje en la isla de Lindisfarne (frente a la costa noreste de Inglaterra) que sufría de perlesía y que fue llevado a la tumba de Cuthbert:

> cayendo postrado ante el cadáver del hombre de Dios, rezó con devoto ahínco para que mediante su ayuda el Señor se apiadara de él. Y mientras estaba rezando [...] sintió (como después lo contaría él mismo) que una gran mano abierta había tocado su cabeza en el lugar donde tenía el dolor, y con este mismo toque pasó a toda esta parte de su cuerpo, que había estado dolorida con la enfermedad, hasta sus pies, y poco a poco el dolor desapareció y desde entonces estuvo sano.[11]

Relatos similares del periodo medieval podrían multiplicarse sin fin.

Si la Iglesia no fue la enemiga de la tradición médica grecorromana ni su firme defensora, ¿cómo debemos caracterizar su actitud e influencia? Un conocido enfoque consistiría en sopesar los factores de cada lado de la ecuación —la oposición y el apoyo ofrecidos por la Iglesia— y afirmar

Ante-Nicene Fathers, comp. de Alexander Roberts y James Donaldson, rev. por A. Cleveland Coxe, Grand Rapids, Eerdmans, 1986, 3, págs. 97, 134. Véase también Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, pág. 9.

11. IV.31, en *Baedae opera historica*, trad. de J. E. King, 2 vols., Londres, Heinemann, 1930, 2, págs. 191-193. Sobre el culto a los santos, véase el brillante estudio de Peter Brown, *The Cult of Saints: Its Rise and Function in Latin Christianity*; también Amundsen, «The Medieval Catholic Tradition», pág. 79-82. Sobre las curas milagrosas, véase Ronald C. Finucane, *Miracles and Pilgrims: Popular Beliefs in Medieval England*, esp. caps. 4-5.

que *teniendo en cuenta todos los factores* la Iglesia fue una fuerza positiva o negativa, según fuera el caso. Pero una conclusión de este tipo resultaría simplista. Nos aproximaremos más a la verdad si evitamos las categorías de oposición y apoyo y vemos la Iglesia como una poderosa fuerza cultural que *interactuó* con la tradición médica secular, apropiándose de ella y transformándola. Los clérigos ni simplemente repudiaron ni simplemente adoptaron la medicina secular, sino que la usaron. Y usarla fue adaptarla a las nuevas circunstancias, alterando así sutilmente (o, en algunos aspectos, radicalmente) su carácter. No resulta excesivo afirmar que dentro del cristianismo hubo una fusión de las tradiciones curativas médica y religiosa. En su nuevo contexto, la medicina grecorromana habría de acomodarse a las ideas cristianas de la omnipotencia, la providencia y los milagros divinos. En el marco institucional radicalmente nuevo que proporcionaban los monasterios, no sólo fue cultivada y preservada a lo largo de un periodo nocivo de la historia europea, sino que también fue obligada a servir en nombre de los ideales cristianos de la caridad (uno de cuyos importantes resultados fue el desarrollo y difusión de los hospitales). Y con el tiempo, su institucionalización en las universidades restauró su contacto con distintas ramas de la filosofía y elevó su estatus al de ciencia.

Antes de dejar el primer periodo medieval, hay otro desarrollo, de importancia decisiva, que requiere nuestra atención. La traducción de las obras médicas griegas al árabe empezó en el siglo VIII y continuó hasta el décimo. Cuando terminó, la mayoría de las fuentes médicas griegas más importantes estaba disponible en árabe, incluida el *De materia medica* de Dioscórides, muchas obras hipocráticas y casi todas las obras de Galeno. La magnitud del abismo entre el acceso del Islam y el de Occidente a esta literatura médica griega puede ilustrarse por referencia al corpus galénico. Antes del siglo XI, en latín sólo estaban disponibles dos o tres obras de Galeno, mientras que, en Bagdad, Hunayn ibn Ishāq (808-873) enumeró en 129 las obras de Galeno que conocía, y afirmaba que él personalmente había traducido cuarenta de éstas al árabe.

Esta literatura médica griega sirvió como fundamento sobre el que se construiría una sofisticada tradición médica islámica. Hay varias características de esta tradición médica que requieren una breve mención. Primero, la tradición médica islámica se construyó a partir de un total dominio de la literatura médica griega y de una asimilación de muchos de los objetivos y de la mayor parte de los contenidos de la medicina griega. Segundo, para el pensamiento médico que emergía fueron centrales la ana-

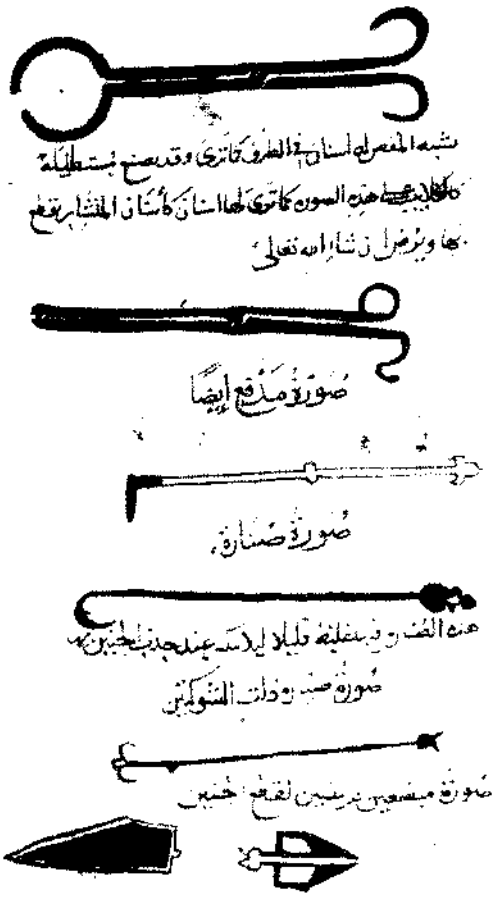


FIG. 13.3. *Instrumentos quirúrgicos árabes del tratado de Abū-l-Qāsim al-Zaharawī (Abulcasis)* Sobre la cirugía e instrumentos. Oxford, Bodleian Library, MS Huntington 156, fol. 85v.

tomía galénica y la fisiología, así como las teorías de la salud, de la enfermedad (incluida la enfermedad epidémica), la diagnosis y la terapia galénicas. Un aspecto importante de la influencia galénica fue la conexión que se puso de manifiesto entre la medicina y la filosofía, una conexión que llegó a ser característica de la mayor parte del pensamiento médico islámico.

Tercero, la teoría médica galénica no constriño rígidamente el pensamiento y la práctica médicas en el Islam, sino que funcionó como un marco que había de ser extendido, modificado e integrado con otros sistemas médicos y filosóficos. La medicina en el Islam no fue una actividad estática sino dinámica. Cuarto, no sólo circularon las obras médicas griegas en traducción, sino que junto a ellas los médicos islámicos produjeron una amplia literatura médica nativa. Esta literatura árabe original conte-

nía mucha variedad, desde luego, pero destacaban de modo especial una serie de obras enciclopédicas, exhaustivas, que examinaban amplios segmentos, e incluso la totalidad, de la teoría y práctica médicas. Tres de esas obras enciclopédicas iban a tener una profunda influencia en la medicina occidental posterior: el *Almanzoris* de Rhazes (al- Rāzī, † ca. 930), el *Pantegni* (o *Arte Universal*) de Haly Abbās ('Alī ibn Abbās al-Majūsī, † en el 994), y el *Canon de medicina* de Avicena (Ibn Sīnā, 980-1037). Éstas, junto a muchas otras obras traducidas, ayudaron a configurar y reorientar la medicina occidental en la Edad Media tardía.[12]

La transformación de la medicina occidental

En los siglos XI y XII, algunas influencias empezaron a afectar la tradición médica europea y a alterar su carácter. La renovación política y económica del periodo, acompañada por un importante crecimiento demográfico, llevó a un cambio social de gran alcance, incluidas la urbanización y la expansión de las oportunidades educativas. En las nuevas escuelas urbanas el curriculum se amplió, a medida que el énfasis empezó a ponerse en temas que habían tenido una importancia menor, o incluso habían estado totalmente ausentes, en la institución monástica. Mientras tanto, los movimientos de reforma dentro del monacato estaban intentando disminuir la implicación monástica en la cultura secular (véase el capítulo 9). La convergencia de estos movimientos tuvo como resultado un cambio en la ubicación de la educación médica desde los monasterios a las escuelas urbanas, con un cambio correspondiente hacia la profesionalización y la secularización. Al mismo tiempo, entre las élites urbanas había una demanda creciente de servicios de profesionales de medicina cualificados, que contribuyó a la emergencia de la práctica médica como una carrera lucrativa (y a veces prestigiosa).

El primer ejemplo de la renovada actividad médica urbana está en Salerno, en el sur de Italia, en el siglo X. A finales de siglo, Salerno había adquirido reputación por sus numerosos profesionales médicos cualifi-

12. Sobre la medicina islámica, véanse Michael W. Dols, *Medieval Islamic Medicine: Ibn Ridwān's Treatise «On the prevention of Bodily Ills in Egypt»*; Manfred Ullmann, *Islamic Medicine*; Franz Rosenthal, «The Physician in Medieval Muslim Society»; artículos de Max Meyerhof, recogidos en *Studies in Medieval Arabic Medicine: Theory and Practice*; y Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, págs. 11-13. Una fuente de referencia más antigua, todavía útil, es Lucien Leclerc, *Histoire de la médecine arabe*.

cados, incluidos clérigos y mujeres. No parece que hubiera ninguna escuela en el sentido formal, sino simplemente un centro (un centro cada vez más famoso) de actividad médica, con amplias oportunidades para hombres y mujeres de llegar a dominar las artes curativas mediante el aprendizaje. Lo que floreció en Salerno en los siglos x y xi no fue el saber médico sino la habilidad en las artes curativas. Sin embargo, a lo largo del siglo xi, algunos de los profesionales de Salerno empezaron a producir escritos médicos de tipo práctico. A principios del siglo xii, la literatura que salía de Salerno empezó a ampliarse y se volvió más teórica, reflejando la orientación filosófica de los textos médicos árabes que empezaban a circular en traducción latina. Muchos de los nuevos textos eran textos docentes, relacionados (aparentemente) con la emergencia, en Salerno, de una instrucción médica organizada.[13]

Las traducciones del árabe que influyeron en la actividad médica en Salerno, en el siglo xii, pronto transformaron la instrucción y la práctica médicas en toda Europa. Parece que las primeras traducciones fueron las de Constantino el Africano (fl. 1065-1085), un monje benedictino del monasterio de Monte Cassino, en el sur de Italia, que tenía estrechas relaciones con Salerno. Constantino, cuyo conocimiento del árabe estaba indudablemente ligado a su origen norteafricano, tradujo obras de Hipócrates y Galeno, el *Pantegni* de Haly Abbās, obras médicas de Hunayn ibn Ishāq y otras fuentes. En los siguientes ciento cincuenta años, fue seguido por otros traductores, en el sur de Italia, España y en otras partes, que poco a poco tradujeron del árabe al latín la mayor parte del corpus de la medicina grecoárabe. En Toledo, Gerardo de Cremona (ca. 1114-1187) tradujo nueve tratados galénicos, el *Almanzoris* de Rhazes (del nombre del patrón de Rhazes, Manşūr ibn Ishāq, a quien estaba dedicado), y el gran *Canon de Medicina* de Avicena. Estos nuevos textos ampliaron y profundizaron enormemente el conocimiento médico occidental, dándole una orientación mucho más filosófica que la que había tenido en la Edad Media inicial y, en última instancia, configuraron la forma y el contenido de la instrucción médica en las universidades recientemente fundadas.[14]

13. La obra clásica sobre Salerno es Paul Oscar Kristeller, «The School of Salerno: Its Development and Its Contribution to the History of Learning». Véanse también McVaugh, «Medicine», págs. 247-249; y Morris Harold Saffron, *Maurus of Salerno: Twelfth-century «Optimus Physicus» with his Commentary on the Prognostics of Hippocrates*.

14. Michael McVaugh, «Constantine the African», *Dictionary of Scientific Biography*, 3, págs. 393-395; McVaugh, «Medicine», págs. 248-249; véase, anteriormente, el capítulo 9.

FIG. 13.4. *Constantino el Africano practicando la uroscopia*. Oxford, Bodleian Library, MS Rawlinson C.328, fol. 3r (siglo xv). Para un comentario, véase Loren C. MacKinney, *Medical Illustrations in Medieval Manuscripts*, págs. 12-13.

LOS PROFESIONALES DE LA MEDICINA

Nosotros hoy pensamos en la medicina como una profesión culta, que sólo puede ser practicada por aquellos que han seguido un largo periodo universitario y han adquirido las credenciales profesionales adecuadas. Pero si proyectamos este modelo a la Edad Media, estaremos muy equivocados. Un análogo moderno mucho más útil sería el de la carpintería. Ésta cubre un continuo desde el mantenimiento casero elemental, la carpintería profesional del negocio de la construcción hasta la ingeniería técnica y la arquitectura. La carpintería de tipo más simple pertenece al ámbito del conocimiento general (casi todo el mundo sabe, o está dispuesto a aprender, algo sobre las reparaciones hogareñas elementales). El amateur de fin de semana, que (por ejemplo) restaura antigüedades por afición, puede disponer de un considerable conocimiento

y habilidad. Las constructoras tienen una dotación de profesionales expertos que, en su mayoría, han aprendido el oficio mediante el aprendizaje. Y, finalmente, el ingeniero técnico y el arquitecto aportan el conocimiento teórico que tiene que ver con el tema.

Así sucedía con la práctica de la medicina en la Edad Media. La simple medicina doméstica, practicada en casa, era propiedad de casi todo el mundo. Si se requería más pericia, en todas las comunidades había gente conocida por tener la destreza de tratar ciertos tipos de dolencias, y aquí ya nos desplazamos en la escala de la pericia médica y la especialización. La mayoría de las aldeas solía tener comadronas, encasadores de huesos y gente que sabía de hierbas y remedios de herbolario. En las ciudades, se podía encontrar una variedad de «empíricos» con especialidades tales como el tratamiento de heridas, problemas dentales y ciertos tipos de cirugía (por ejemplo, sajar diviesos con lanceta, reducir una hernia o extirpar piedras de riñón). Un nivel más alto de profesionalización era el de los boticarios, cirujanos cualificados, practicantes cualificados de la medicina profesional educados mediante el aprendizaje, y finalmente los médicos con educación universitaria. No se trataba en absoluto de una jerarquía estática o estrictamente lineal, ni era invariable en todas partes. También se veía complicada por la existencia de practicantes de la medicina seglares y religiosos (clérigos, por ejemplo, que frecuentemente combinaban la práctica médica convencional con las tareas religiosas) en muchos de los niveles. Además, las líneas de demarcación raramente eran claras, debido a que la regulación o titulación de los que practicaban la medicina, que habría exigido categorías relativamente claras, sólo se instituyó lentamente a lo largo del periodo medieval tardío y nunca llegó a ser universalmente efectiva. Pero, en general, algún esquema de clasificación parecido fue característico de la escena médica medieval.[15]

Sólo disponemos de datos muy incompletos sobre las cifras de profesionales de la medicina en la Europa medieval. Sin embargo, podemos deducir algo de los datos fragmentarios de que disponemos. En 1338, Florencia (que indudablemente se veía bendecida con muchos más médicos *per capita* que la ciudad europea media) tenía aproximadamente 60 profesionales de la medicina autorizados de todos los tipos (incluidos ci-

15. Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, págs. 17-21; Katharine Park, *Doctors and Medicine in Early Renaissance Florence*, págs. 58-76; Edwart J. Kealey, *Medieval Medicus: A Social History of Anglo-Norman Medicine*, cap. 2. Puede usarse con precaución, Robert S. Gottfried, *Doctors and Medicine in Medieval England 1340-1530*.

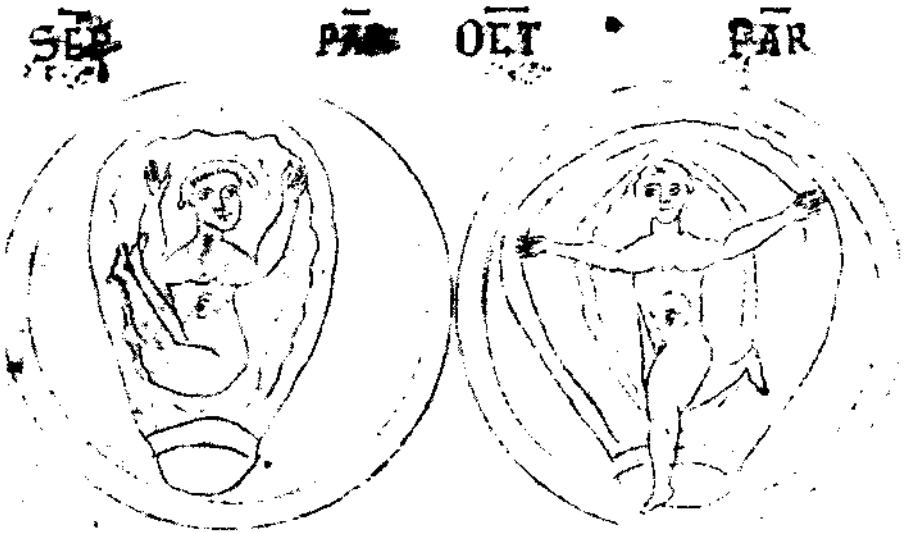


FIG. 13.5. *Fetos en el útero*. Copenhague, Kongelige Bibliotek, MS Gl. klg. Saml. 1653 4°, fol. 18r (siglo XII).

FIG. 13.6. *Trotula, una practicante de la medicina de Salerno en el siglo XII*. Londres, Wellcome Institute Library, MS 544, pág. 65 (siglo XII).

rujanos y «empíricos» iletrados) para una población de 120.000 habitantes. Veinte años más tarde, después de que la población se viera diezmada por la peste negra, Florencia tenía 56 profesionales de la medicina autorizados para una población de alrededor de 42.000 personas. Y esta proporción de doce o trece médicos por cada 10.000 residentes se mantuvo durante el resto del siglo.[16] En las áreas rurales, el acceso a un médico cualificado debió ser mucho menor.

Entre los que practicaban la medicina en la Edad Media había un número importante de mujeres, alto en obstetricia y ginecología, pero también en otras especialidades médicas. La más famosa de éstas es Trota o Trotula, del Salerno del siglo XII, que puede que no haya escrito la obra ginecológica que usualmente se le atribuye, pero que parece que escribió una obra más general de consejos y remedios médicos prácticos. En ciertas partes de Europa, los profesionales de la medicina judíos también eran numerosos.[17]

La medicina en las universidades

Los profesionales de la medicina sobre los que más sabemos son los que estudiaron o enseñaron formalmente en escuelas médicas organizadas de la Europa medieval. Debido a que estos médicos eran cultos y dejaron informes escritos que todavía sobreviven, podemos aprender algo sobre sus identidades, sus estudios y sobre el tipo de práctica médica que ejercían.[18]

Parece que los estudios de medicina formales aparecieron primero en las escuelas episcopales de los siglos X y XI, no con el propósito de educar

16. Park, *Doctors and Medicine*, págs. 54-58.

17. Sobre las mujeres curadoras, véanse Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, págs. 27, 34, 45-46; John Benton, «Trotula, Women's Problems, and the Professionalization of Medicine in the Middle Ages»; Edward J. Kealy, «England's Earliest Women Doctors»; y Monica H. Green, «Women's Medical Practice and Medical Care in Medieval Europe». Sobre los profesionales judíos, véanse Elliot N. Dorff, «The Jewish Tradition», en Numbers y Amundsen, *Caring and Curing*; Luis García Ballester, Lola Ferre y Edward Feliu, «Jewish Appreciation of Fourteenth-Century Scholastic Medicine.»

18. Sobre la medicina en las universidades, véanse Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, cap. 3; McVaugh, «Medicine», págs. 249-252; Vern L. Bullogh, *The Development of Medicine as a Profession: The Contribution of the Medieval University to Modern Medicine*, esp. cap. 3; y Faye M. Getz, «The Faculty of Medicine before 1500».

médicos profesionales, sino como un aspecto de la educación general. En Chartres, por ejemplo, los estudios médicos se iniciaron hacia el 990, y en el siglo siguiente la instrucción médica podía encontrarse en escuelas similares en todas partes.[19] Sin embargo, fue en Salerno, en el siglo XII, donde las obras médicas de la tradición grecoárabe recientemente traducidas se asimilaron primero, y fue allí donde la medicina empezó a surgir como una profesión culta. La fuerza directriz que había tras estos desarrollos no era la mera curiosidad intelectual o el altruismo médico (aunque sin duda existía algo de ambos), sino el deseo de un estatus y de un ascenso profesional. Los médicos ya situados en la cima de la jerarquía médica esbozada más arriba, y por tanto ya cultos, vieron la posibilidad de elevar su estatus imitando a otras profesiones cultas, tales como la abogacía, exigiendo que los que practicaban la medicina adquirieran credenciales intelectuales formales. El objetivo era elevar el estatus de la medicina de arte u oficio a ciencia. Los desarrollos que tuvieron lugar en Salerno tuvieron influencia, y en el siglo XIII las facultades de medicina ya eran importantes en las universidades de Montpellier, París y Bolonia. En Padua, Ferrara, Oxford y otras partes, se crearon facultades de medicina de menor importancia.

La institucionalización de la medicina en las universidades medievales fue de enorme importancia para el campo de la teoría y práctica médicas. En primer lugar, aseguró la continuación y la continuidad de los estudios médicos y la existencia, desde la Edad Media hasta el presente, de una influyente comunidad de médicos con educación universitaria. Segundo, el establecimiento de estudios médicos en la universidad (en cuanto opuesta a algún otro posible hogar institucional) creó una conexión entre la medicina y las otras ramas del conocimiento que configuró profundamente el desarrollo de la medicina. En especial, una licenciatura en la facultad de artes pasó a ser un prerrequisito típico (sino universal) para los estudios de medicina. Y esto significó que los estudiantes de medicina venían equipados con las herramientas lógicas y filosóficas que transformarían la medicina (para mejor o para peor) en una actividad rigurosa, escolástica. También dio a la medicina acceso a la filosofía natural aristotélica, lo que le proporcionaría algunos de sus principios importantes, y a la teoría astrológica (y su compañera, la astronomía), que llegaría a convertirse en una parte universal del arsenal terapéutico y diagnóstico del médico. Examinemos brevemente el currículum de medicina.

19. McVaugh, «Medicine», pág. 247.

FIG. 13.7. *Enseñanza de la medicina.* De una copia del *Canon de medicina* de Avicena. París, Bibliothèque Nationale, MS Lat. 14023, fol. 769v (siglo XIV).

La enseñanza, primero en Salerno y después en otras escuelas de medicina, se montó, durante un tiempo, en torno a una colección de breves tratados conocidos colectivamente como la *Articella*. Esta antología incluía una introducción a la medicina de Hunayn ibn Ishāq (conocido en Occidente como Johannitius), varias obras breves del corpus hipocrático y libros sobre análisis de orina y diagnóstico por el pulso. En los siglos XIV y XV, estos textos fueron sustituidos por las obras de Galeno, Rhazes, Haly Abbās, Avicena y otros. Este currículum tenía una marcada orientación filosófica, exigiéndose a la teoría médica que se adecuara a los principios más amplios de la filosofía natural. Y los métodos de enseñanza empleados eran los típicos escolásticos: el comentario de textos autorizados y el debate sobre las cuestiones disputadas. Pero esto no significaba (como a veces se ha pretendido) que la medicina universitaria fuera puramente teórica, una actividad textual. De hecho, muchos profesores de medicina universitarios se dedicaban además a la práctica privada, y fre-

cuentemente se exigía a los estudiantes de medicina obtener experiencia práctica.[20]

Por último, ¿tenemos idea del número de estudiantes implicados? De hecho, hay algunos datos. Durante un periodo de quince años a principios del siglo xv, la universidad de Bolonia (una de las escuelas más destacadas de Europa) otorgó sesenta y cinco licenciaturas en medicina y una en cirugía. Durante un periodo de treinta y seis años, un poco más tarde en el mismo siglo, la universidad de Turín (también del norte de Italia) concedió un total de trece doctorados en medicina. Y durante sus primeros sesenta años de existencia (empezando en 1477) la universidad de Tubinga concedió licenciaturas en medicina a un promedio de una cada dos años. Naturalmente, el número de estudiantes de medicina era mucho mayor que el de los que alcanzaban el título, puesto que la mayoría de los estudiantes no acababan la carrera: se ha propuesto la proporción de 10:1 como multiplicador. De estas cifras podemos deducir más o menos que los médicos con educación universitaria, y especialmente los médicos con doctorado, eran criaturas raras, miembros de una élite urbana y sólo accesible, en buena medida, a los ricos y poderosos.[21]

Enfermedad, diagnosis, prognosis y terapia

La teorías médicas aceptadas y las medidas de diagnosis y terapia empleadas por un profesional medieval de la medicina variaban con el nivel de su educación, la especialidad y con las circunstancias profesionales. Desde luego, sabemos más acerca de los puntos de vista y procedimientos de los médicos cultos. Pero hay razones para pensar que sus creencias y prácticas se filtraban hacia abajo y, por tanto, influían en otros tipos de curadores. Por ejemplo, hay amplia evidencia de que los tratados médi-

20. Sobre el currículum, véanse Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine,* págs. 65-77; *Taddeo Alderotti and His Pupils: Two Generations of Italian Medical Learning*, caps. 4-5; *Avicenna in Renaissance Italy: The «Canon» and Medical Teaching in Italian Universities after 1500*, cap. 3; Getz, «Faculty of Medicine»; y McVaugh, «Medicine», págs. 248-252. Una idea adecuada del contenido de la antología *Articella* se puede obtener de la traducción anotada de su componente básico, la *Isagoge* de Hunayn ibn Ishāq (Johannitius), contenido en Grant, *Source Book*, págs. 705-715.

21. Los datos numéricos presentados aquí han sido tomados de Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine,* págs. 63-64. Para datos cuantitativos de Oxford, véase Getz, «Faculty of Medicine».

cos latinos fueron traducidos a lenguas vernáculas, o traducidos y extractados, en beneficio de los profesionales de medicina que eran letrados pero que no podían leer latín.[22] Al mismo tiempo, está claro que la medicina y los remedios populares tenían una tendencia a filtrarse hacia arriba e influían en la medicina profesional e incluso (en cierta medida) en la culta. Por ello, no iremos desencaminados si consideramos que los siguientes elementos de la creencia y práctica médicas han estado presentes, en distintos grados, en la actividad curativa medieval.

Para las teorías medievales de la enfermedad era fundamental la idea de que cada persona tiene una *complexión* o temperamento característico, determinado por el equilibrio de los cuatro elementos y sus correspondientes cualidades (caliente, frío, húmedo y seco) en el cuerpo. Se sobreentendía que la complexión era peculiar del individuo. El equilibrio que era normal para uno sería anormal para otro. Estrechamente conectada con la teoría de la complexión estaba la idea, procedente de Galeno y los hipocráticos, de que el cuerpo contiene cuatro fluidos o humores principales, fisiológicamente significativos —sangre, flema, bilis negra y bilis roja o amarilla— y que estos humores son el vehículo mediante el cual se mantiene el equilibrio adecuado de las cualidades. Y se sobreentendía que la salud estaba asociada al equilibrio adecuado, y la enfermedad con el desequilibrio. Por ejemplo, se consideraba que la fiebre era el resultado de un calor anormal que emanaba del corazón. Finalmente, se pensaba que la salud y la enfermedad se veían influidas por un conjunto de condiciones denominadas «no naturales»: el aire respirado, el alimento y la bebida, el sueño y el insomnio, la actividad y el reposo, la retención y la eliminación (de los nutrientes) y el estado de la mente.[23]

Si la enfermedad es el resultado de la desviación de la complexión normal de un persona, entonces la terapia debe estar dirigida a la restauración del equilibrio. Había varias técnicas disponibles para la consecución de este fin. La primera era dietética. Puesto que los humores son los productos finales de la comida consumida, una dieta adecuada era absolutamente esencial para mantener la salud. Los medicamentos, clasificados según sus cualidades predominantes, también podían ser prescritos para ayudar a restablecer el equilibrio. Y si parecían requerirse trata-

22. Faye M. Getz, «Charity, Translation, and the Language of Medical Learning in Medieval England»; Getz, *Healing and Society in Medieval England.*

23. Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine,* págs. 101-106; Grant, *Source Book,* págs. 705-709; L. J. Rather, «The "Six Things Non-Natural": A Note on the Origins and Fate of a Doctrine and a Phrase».

mientos más heroicos, era posible eliminar el exceso de fluidos corporales mediante la purga, «el vomitivo» y la sangría. Para determinar cuál de estas medidas había que emplear, el médico necesitaba investigar el estilo de vida o régimen del paciente (cuestiones tales como la dieta, ejercicio, sueño, actividad sexual y baños) para averiguar su complexión específica y el régimen requerido para mantenerla. En realidad, para conseguir un efecto máximo, el médico debía controlar estrechamente las actividades del paciente a lo largo de un periodo dilatado de tiempo, un objetivo realista sólo para un médico (presumiblemente culto) al servicio de la salud de su patrón. Habiendo observado a su patrón-paciente a lo largo de un cierto tiempo, el médico culto estaría (en teoría) en condiciones de ofrecer el consejo necesario para el mantenimiento o la recuperación de la salud. Así pues, el ideal que gobernaba la medicina culta (y, en cierta medida, variedades de la práctica médica menos cultas) retrataba al médico como un consejero médico, cuya responsabilidad primaria era lo que nosotros llamaríamos «medicina preventiva», pero capaz de responder con los remedios adecuados cuando las medidas preventivas fallaban.[24]

La forma más común de intervención médica era la terapia mediante medicamentos; por tanto, la habilidad para identificarlos y prepararlos, junto con el conocimiento de sus propiedades terapéuticas, era una parte esencial del repertorio de la mayoría de los curadores medievales. Los medicamentos podían ser simples o compuestos. Los ingredientes más comunes eran las hierbas, pero las sustancias animales y minerales también se empleaban. Muchos medicamentos eran remedios populares, sancionados por el uso aparentemente exitoso a lo largo de muchas generaciones. Por ejemplo, una dilatada experiencia había enseñado a los curadores locales que ciertas sustancias vegetales era efectivas como laxantes o analgésicos. No hay duda de que algunos medicamentos medievales eran efectivos. Sin embargo, la mayoría eran simplemente inocuos, y unos pocos pudieron ser peligrosos. Y algunos eran manifiestamente repugnantes, por ejemplo, el estiércol de cerdo como remedio eficaz para las hemorragias nasales. En este caso, el remedio podía ser peor que la enfermedad.[25]

24. Sobre el tratamiento de la enfermedad, véanse Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, cap. 5; y Grant, *Source Book*, págs. 775-791.

25. Sobre la terapia con medicamentos, véase Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, págs. 141-149 (pág. 148 para la aplicación de estiércol de cerdo para la hemorragia nasal); y Jones, *Medieval Medical Miniatures*, cap. 4.

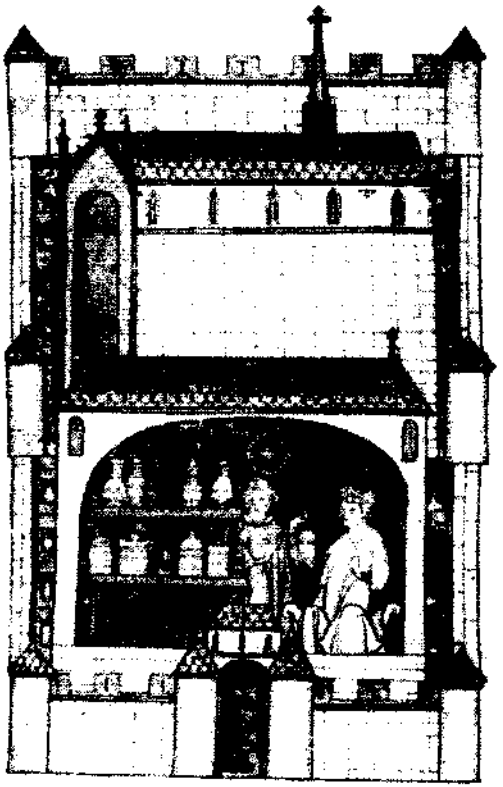


FIG. 13.8. *Botica*. Londres, British Library, MS Sloane 1977, fol. 49v (siglo XIV). Con permiso de la British Library.

Pero si en la terapia medieval de medicamentos había un componente empírico importante, también había un fuerte componente teórico que procedía de las tradiciones médicas griega y árabe. La obra *De materia medica* de Dioscórides (en una versión revisada y aumentada) tuvo una circulación muy modesta en Occidente. En el siglo XII aparecieron nuevas y más influyentes colecciones de recetas médicas. Y, finalmente, las recientes traducciones de las obras de Galeno, Avicena y otros proporcionaron las bases teóricas que se requerían para organizar y sistematizar el conocimiento farmacéutico. El supuesto teórico básico era que las sustancias naturales tenían propiedades terapéuticas, asociadas a sus cualidades primarias: caliente, frío, húmedo y seco. Avicena había añadido a esta teoría la idea de que las sustancias medicinales también pueden tener una «forma específica», independiente de sus cualidades primarias, que explica los efectos terapéuticos no justificados por las cuatro cualidades primarias. De este modo, la triaca (un medicamento

conocido desde la antigüedad, hecho de carne de víbora y otros ingredientes) adquirió las destacadas propiedades curativas que se le asignaban en el *Antidotarium Nicolai,* del siglo XII:

> La triaca [...] es buena para la mayoría de los males serios de todo el cuerpo humano: contra la epilepsia, la catalepsia, la apoplejía, la jaqueca, el dolor de estómago y la migraña; para la carraspera de la voz y la constricción del pecho; contra la bronquitis, el asma, el escupir sangre, la ictericia, la hidropesía, los cólicos, las úlceras intestinales, la nefritis, el mal de piedra y el cólera; induce la menstruación y expulsa el feto muerto; cura la lepra, la viruela, los escalofríos intermitentes y otras enfermedades crónicas; es especialmente buena contra todos los venenos y las mordeduras de serpientes y reptiles [...] ; aclara todos los fallos de los sentidos [?], fortalece el corazón, el cerebro y el hígado; y hace y conserva a todo el cuerpo incorrupto.[26]

Otra área de interés teórico era el problema de la determinación de cómo las propiedades de las medicinas compuestas dependía de las cualidades de sus ingredientes simples. Los autores islámicos y europeos emprendieron una elaborada discusión teórica (incluido el análisis matemático) de este problema. De hecho, la doctrina de la intensificación y remisión de las formas y las cualidades discutida anteriormente (capítulo 12) se desarrolló en parte a causa de su aplicabilidad a la teoría farmacéutica.[27]

No podemos concluir este comentario de la enfermedad y el tratamiento medievales sin aludir a dos técnicas destacadas de diagnóstico: el análisis de orina y el examen del pulso. Ambas habían sido recomendadas en la antigüedad por varios escritores, incluido Galeno. La influencia añadida de dos breves tratados, uno sobre el pulso y otro sobre la orina, contenidos en la antología *Articella*, así como las discusiones más largas de Avicena, en el *Canon de medicina*, aseguraron su centralidad en el posterior diagnóstico medieval. Se sostenía que el análisis de orina podía revelar el estado del hígado, mientras que el pulso reflejaba el estado del co-

26. Traducido por McVaugh en Grant, *Source Book*, pág. 788. Esta lista de propiedades curativas va seguida de recetas de la triaca. Sobre la triaca, véase también McVaugh, «Theriac at Montpellier».

27. Véanse, por ejemplo, Michael McVaugh, «Arnald of Villanova and Bradwardine's Law»; y McVaugh, «Quantified Medical Theory and Practice at Fourteenth-Century Montpellier». También la introducción de McVaugh a *Arnald de Villanova, Opera medica omnia*, vol. 2: *Aphorismi de gradibus*.

razón. Las características decisivas de la orina eran el color, la consistencia, el olor y la claridad. Por ejemplo, un escritor medieval de principios del siglo XIII, Giles de Corbeil, mantenía que «la orina espesa, blanquecina, lechosa, o blanquiazulada indica hidropesía, cólico, mal de piedra, jaqueca, exceso de flema, reúma en los miembros o un flujo».[28] Los gráficos que mostraban una conexión entre los diferentes colores de orina y las distintas dolencias eran una característica común de los escritos médicos medievales (véase la figura 13.9.).

Al tomar el pulso a un paciente, el médico intentaba determinar su fuerza, duración, regularidad, amplitud, etc. Se diferenciaron muchas variedades de pulso y se desarrollaron distintos esquemas de clasificación. Un tratado anónimo del siglo XIII ofrece el siguiente esquema:

> Las variedades del pulso son diferenciadas por el médico de distintos modos, en particular según cinco consideraciones: 1) movimiento de las arterias; 2) condición de la arteria; 3) duración de la diástole y la sístole; 4) fuerza o debilidad de la pulsación; 5) regularidad o irregularidad del latido. De estas consideraciones se derivan diez variedades de pulso.[29]

El fallo del pulso podía usarse para prever el momento de la muerte y por ello era útil tanto para la prognosis como para la diagnosis.

Hasta aquí hemos dejado de lado un elemento dominante de la teoría y práctica médicas, que influyó y configuró lo que el curador medieval creía y sobre las medidas terapéuticas que prescribía. Se trataba de la astrología médica, la creencia de que la influencia planetaria está implicada en la causa y en la curación de la enfermedad. Había buenas razones para creer en esa influencia planetaria. Por una parte, estaba la autoridad médica. Varias obras hipocráticas contenían pasajes que podían ser interpretados como afirmaciones de la influencia celeste, y durante la Edad Media tardía circuló un tratado sobre medicina astrológica con el nombre de Hipócrates. Pero, y eso es mucho más importante, cualquiera que hubiera comprendido los elementos fundamentales de la filosofía natural sabía que los cielos ejercían una influencia sobre el cuerpo humano y su entorno. Y no había

28. Traducido por Michael McVaugh en Grant, *Source Book*, pág. 749. Sobre el análisis de orina, véanse MacKinney, *Medical Illustrations*, págs. 9-14; y Jones, *Medieval Medical Miniatures*, págs. 58-60.

29. Traducido por Michael McVaugh en Grant, *Source Book*, pág. 745. Sobre el pulso véase también MacKinney, *Medical Illustrations*, págs. 15-19.

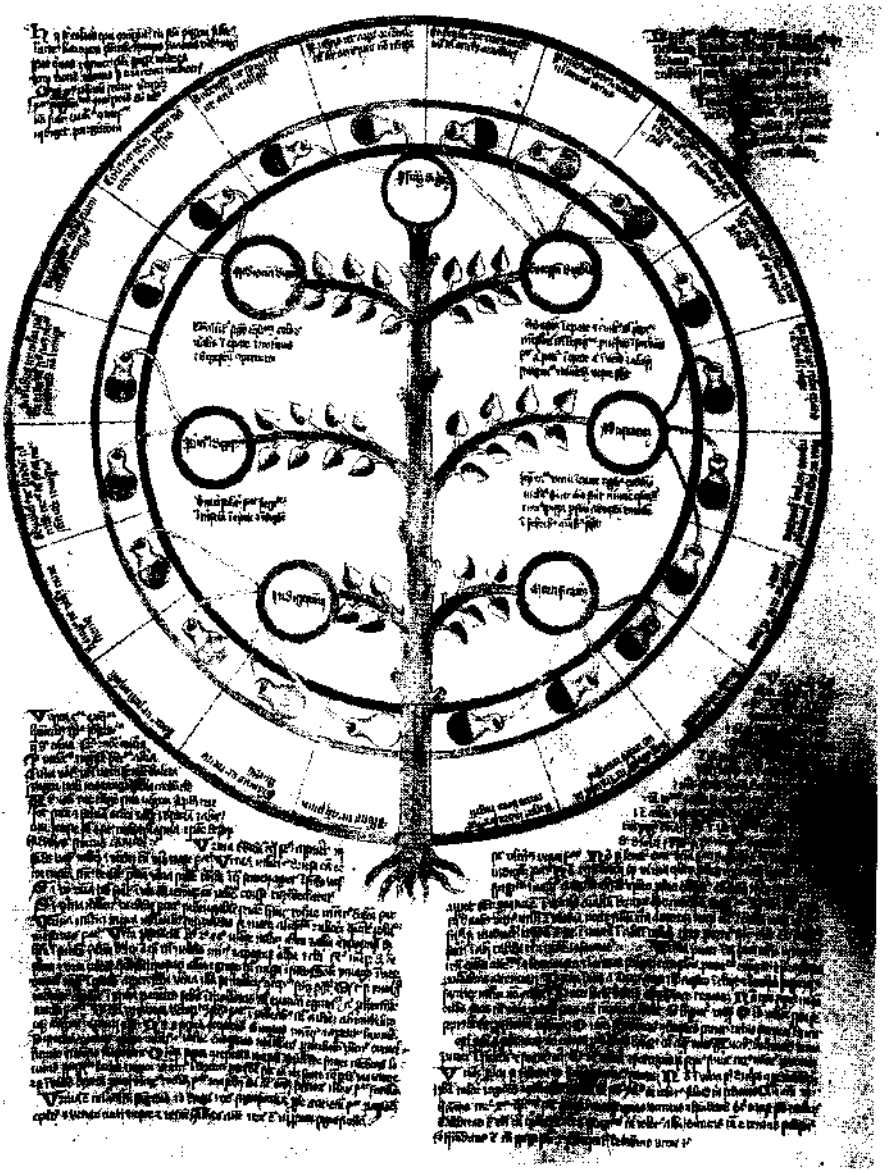


FIG. 13.9. *Gráfico del color de la orina, que relaciona las variaciones del color de la orina con varios estados de digestión*. Londres, Wellcome Institute Library, MS 49, fol. 42 (siglo xv). Para un comentario adicional, véase Nancy G. Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, pág. 126.

FIG. 13.10. *Diagnóstico por el pulso.* Glasgow University Library, MS Hunter 9, fol. 76r (siglo xv). Para una discusión de esta ilustración, véase MacKinney, *Medical Illustrations from Medieval Manuscripts*, págs. 16-17. Con permiso del bibliotecario, Glasgow University Library.

razón en absoluto para dudar de que esta tendría un efecto sobre la salud y el curso de la enfermedad.[30]

La influencia celeste empezaba en la concepción, contribuyendo al temperamento o complexión del embrión recién concebido. Tras el nacimiento, todo ser humano era receptor de un continuo flujo de fuerzas celestes, directamente o a través del aire circundante, y estas influencias afectaban al temperamento, la salud y la enfermedad. De hecho, la influencia astrológica se invocaba frecuentemente para explicar las epidemias importantes, tales como la peste negra de 1347-1351. Al ser requerida para que diera una explicación de esta plaga concreta, la facultad de medicina de la universidad de

30. Sobre la astrología médica, véanse Siraisi, *Alderotti*, págs. 140-145; *Medieval and Early Renaissance Medicine,* págs. 69, 111-112, 123, 128-129, 134-136, 149-152; y Jones, *Medieval Medical Miniatures*, págs. 69-74.

FIG. 13.11. *Libro médico de faja*. Londres, Wellcome Institute Library. Una guía manual para el médico, pensada para ser colgada del cinturón. La ilustración izquierda muestra el libro en su forma plegada. La ilustración de la derecha muestra una de sus hojas, que contiene información astrológica. Para un comentario detallado, véase John E. Murdoch, *The Album of Science: Antiquity and Middle Ages*, págs. 318-319.

París concluyó que era el resultado de la corrupción del aire causada por la conjunción de Júpiter, Saturno y Marte en 1345.[31]

Si la enfermedad atacaba, el médico necesitaba tomar en cuenta la configuración planetaria para prescribir un tratamiento efectivo. La preparación y administración de medicamentos tenía que ser adecuadamente sincronizada para coincidir con las configuraciones planetarias favorables, y la dosificación adecuada dependía de factores astrológicos. También era necesario determinar los momentos propicios para los procedimientos quirúrgicos, tales como la sangría. Los tratados médicos a menudo contenían «cálculos de sangría» que instruían al usuario sobre los momentos apropiados para sangrar en puntos específicos. Finalmente, la teoría hipocrática de los «días críticos», que sostenía que el curso de las enfermedades agudas está marcado por crisis o momentos decisivos, llegó a conectarse con la astrología. Entre los factores que se creía que determinaban el resultado de la crisis estaba su ritmo, si se producía o no en un día astrológicamente favorable.

Anatomía y cirugía

No hay duda de que los curadores medievales se inclinaban por formas moderadas de intervención médica, tales como el control de la dieta y la prescripción de medicamentos. Pero había dolencias y emergencias médicas que exigían medidas más invasivas, y Europa siempre tuvo profesionales de la medicina que estaban dispuestos a invadir el cuerpo quirúrgicamente. Había muchas clases de cirujanos, con diferentes especialidades y niveles de educación, desde los empíricos itinerantes especializados en un procedimiento quirúrgico concreto a los cirujanos con educación universitaria al servicio del rey o del papa. Siempre hubo una tendencia a considerar la cirugía como un oficio, por debajo de la dignidad del médico educado en la universidad. Sin embargo, en el sur de Europa, los cirujanos se las arreglaron para institucionalizar su actividad en las universidades (Montpellier y Bolonia, por ejemplo), adquiriendo de este modo el estatus

31. Sobre la peste negra, véanse McVaugh, «Medicine», pág. 253; Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine,* págs. 128-129; y Grant, *Source Book*, págs. 773-774. Para una revisión de la literatura reciente sobre la peste negra, a partir de 1982, véase Nancy G. Siraisi, introducción de William, Daniel (comp.), *The Black Death: The Impact of the Fourteenth-Century Plague*, págs. 9-22.

intelectual. Una importante literatura quirúrgica estaba disponible en Occidente a través de las traducciones de los siglos XII y XIII. Entre los tratados europeos más influyentes estaba la *Cirugía* de Roger Frugard (siglo XII), que frecuentemente circuló en secciones breves, y la *Chirurgia magna* (o *Gran cirugía*) de Guy de Chauliac (ca. 1290-ca. 1370), médico y cirujano de tres papas. La obra de Guy no sólo tuvo una amplia difusión en latín, sino que también fue traducida al inglés, francés, provenzal, italiano, alemán y hebreo.[32]

No hay duda de que la mayor parte de la cirugía no era especialmente heroica: encasar un hueso roto, reducir una articulación dislocada, vendar una úlcera o una llaga, limpiar y suturar una herida o sajar un divieso con la lanceta. La sangría o el cauterio (aplicación de hierros candentes a varias partes del cuerpo para crear úlceras por medio de las cuales podían drenarse los fluidos indeseados) también eran procedimientos comunes.[33] La extirpación de hemorroides externos pudo ser bastante rutinaria. Pero algunos cirujanos medievales asumieron procedimientos mucho más ambiciosos. La operación de cataratas, insertando un instrumento afilado a través de la córnea y obligando al cristalino a salir de su cápsula y bajar hacia el fondo del ojo, es un ejemplo. Otros son la extirpación de cálculos en la vejiga y la corrección quirúrgica de la hernia. Un texto que describe la extirpación de cálculos de la vejiga servirá para ilustrarlo:

> Si hay una piedra en la vejiga asegurate de ello como sigue: haz que una persona fuerte se siente en un banco, con los pies sobre un taburete. El paciente se sienta en su regazo, con las piernas atadas a su cuello con un vendaje, o sujetas firmemente sobre los hombros de los ayudantes. El médico está de pie delante del paciente y mete dos dedos de su mano derecha en el ano, apretando con el puño izquierdo sobre el pubis del paciente. Con sus dedos apretando la vejiga desde arriba, déjese que la manipule toda. [...] Si encuentras una bolita dura, sólida, es una piedra en la vejiga. [...] Si quieres extraer la piedra precede esto con una dieta suave y con un ayuno en

32. Sobre la cirugía medieval, véanse Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, cap. 6; y McKinney, *Medical Illustrations*, cap. 8. Sobre Foger Frugard, véanse Siraisi, *ibid.*, págs. 162-166; y McKinney, *Medical Illustrations*, *passim* (bajo el nombre de «Rogerius»). Sobre Guy de Chauliac, véase Vern L. Bullogh, «Chauliac, Guy de», *Dictionary of Scientific Biography*, 3, págs. 218-219.

33. Sobre la sangría, véanse Linda E. Voigts y Michael R. McVaugh, *A Latin Technical Phlebotomy and Its Middle English Translation*; y MacKinney, *Medical Illustrations*, págs. 55-61.

FIG. 13.12. *Operación de cataratas (arriba) y de pólipos nasales (abajo).* Oxford, Bodleian Library, MS Ashmole 1462, fol. 10r (siglo XII). Para un comentario de esta ilustración, véase MacKinney, *Medical Illustrations from Medieval Manuscripts*, págs. 70-71.

> los dos días anteriores. Al tercer día, [...] localiza la piedra, llévala al cuello de la vejiga. Allí, en la entrada, con dos dedos encima del ano haz una incisión longitudinal con un instrumento y extrae la piedra.

Como último ejemplo de cirugía peligrosa, la fractura de cráneo a veces exigía trepanar (hacer pequeños agujeros en el cráneo con una sierra) para reducir la presión y drenar la sangre y el pus. Y la cirugía debía conseguir todo esto sólo con el más modesto uso de sedantes o anestésicos. Obviamente, si había algo heroico en la cirugía medieval, era el paciente.[34]

34. Se disponía de estupefacientes capaces de hacer dormir al paciente, pero no está claro en qué medida se había extendido su uso; Linda E. Voigts y Robert P. Hudson, «"A

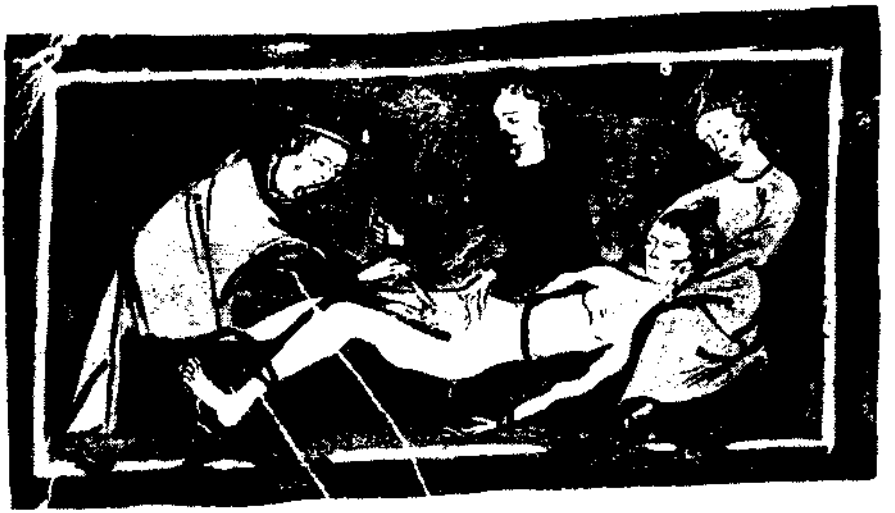


FIG. 13.13. *Operación de hernia de escroto. Nótese que el paciente está atado y es agarrado.* Montpellier, Bibliothèque Interuniversitaire, Section Médecine, MS H.89, fol. 23r (siglo XIV). Esta ilustración se discute en MacKinney, *Medical Illustrations from Medieval Manuscripts*, págs. 78-80.

¿Cuánta anatomía humana sabe el cirujano o médico medieval, y qué lugar tienen la enseñanza de la anatomía y la investigación anatómica de primera mano en la educación de los profesionales de la medicina? A pesar de la insistencia de Galeno en la importancia del conocimiento en anatomía para el tratamiento exitoso de la enfermedad, en la Edad Media la conexión entre el conocimiento anatómico y el aspecto clínico de la práctica médica seguía siendo tan escasa como lo había sido en la antigüedad. La mayoría de los profesionales medievales de la medicina sin duda se daban cuenta de que podían funcionar bastante bien con un mínimo de conocimiento anatómico, pues los consejos que daban y los remedios dietéticos y de herbario que prescribían raramente, o nunca, dependía de un conocimiento estructural detallado del cuerpo humano. Los requisitos del cirujano eran indudablemente mayores, pero aún así eran escasos. Parte del conocimiento requerido era del dominio común a través de experiencias cotidianas como la de la carnicería, y el resto podía

drynke that men callen dwale to make a man to slepe whyle men kerven him": A Surgical Anesthetic from Late Medieval England». Para el pasaje citado, véase MacKinney, *Medical Illustrations,* págs. 80-81.

FIG. 13.14. *Anatomía humana que ilustra la concepción galénica de las venas (izquierda) y arterias (derecha).* Munich, Bayerische Staatsbibliothek, CLM 13002, fol. 2v (siglo XII). Para un comentario y otros dibujos anatómicos, véase Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, págs. 92-95.

obtenerse por experiencia en el curso del aprendizaje o de la práctica quirúrgica.

No obstante, las traducciones del siglo XII provocaron un nuevo interés en las cuestiones anatómicas. La traducción de los escritos anatómicos de Galeno y de las obras árabes basadas en ellas (obras de Avicena, Haly Abbās, Rhazes y después de Averroes) llevaron a Occidente un cuerpo de literatura anatómica que exigía atención, no porque prometiera un amplio e inmediato impacto en las prácticas curativas, sino porque pertene-

cía al cuerpo de la teoría médica que los médicos cultos, en su búsqueda de un estatus intelectual, estaban intentando asimilar. El nuevo interés en el conocimiento anatómico encontró su primera expresión en la forma de auténticas disecciones en la Salerno del siglo XII. El sujeto diseccionado era el cerdo, considerado anatómicamente análogo a los humanos.

Parece que la disección humana empezó en ciertas universidades italianas, especialmente Bolonia, a finales del siglo XIII. No está claro, pero parece que originalmente el objetivo fue legal: las autopsias en la facultad de derecho con el fin de determinar la causa de la muerte. Después la práctica se extendió, en un proceso del que no sabemos nada, hasta incluir disecciones para la instrucción médica. En 1316, Mondino dei Luzzi († ca. 1326), que enseñó en Bolonia, había llegado a ser suficientemente experto en disección humana como para escribir un manual de disección titulado *Anatomia*, que se convirtió en la guía estándar para la disección humana de los dos siglos siguientes.[35]

A lo largo del siglo XIV, la disección se convirtió en una parte regular de la instrucción médica en Padua, Bolonia y unas pocas universidades más. En su *Chirurgia magna*, Guy de Chauliac describía los procedimientos de su maestro en Bolonia, Nicolaus Bertrucius:

> Habiendo colocado el cadáver sobre una tabla, hacía cuatro lecciones sobre éste. En la primera, se trataba sobre los miembros nutritivos [estómago e intestinos], puesto que son los que se pudren antes. En la segunda, se trataba de los miembros espirituales [corazón, pulmones y tráquea], y en la tercera, de los miembros animales [cráneo, cerebro, ojos y oídos]. Y siguiendo el comentario sobre el libro de las Sectas [de Galeno], en cada una hay nueve cosas a considerar: esto es, saber la situación, la sustancia, la constitución, el número, la figura, las relaciones de las conexiones, las acciones y usos, y las enfermedades que las afectan [...] También anatomizamos los cuerpos secados al sol, o consumidos en la tierra, o sumergidos en agua corriente o hirviendo. Esto nos muestra al menos la anatomía de los huesos, cartílagos, articulaciones, nervios largos, tendones y ligamentos.[36]

35. Véanse L. Bullogh, «Mondino De'Luzzi», *Dictionary of Scientific Biography*, 9, págs. 467-469; *Development of Medicine as a Profession*, págs. 61-65; y Siraisi, *Medieval and Early Renaissance Medicine*, págs. 86-97.

36. Citado de Bullogh, *Development of Medicine as a Profession*, pág. 64, con ligeros cambios.

FIG. 13.15. *Disección humana*. París, Bibliothèque Nationale, MS Fr. 218, fol. 56r (finales del siglo XV).

Estas disecciones generalmente se llevaban a cabo en cuerpos de criminales, cuyas ejecuciones podían ser sincronizadas para satisfacer las necesidades de la escuela de medicina. Eran poco frecuentes, y quizás una disección anual era la pauta más común. Y es importante entender que el estudiante de medicina era un observador y no un experimentador. La función de la disección era ilustrar el texto de Galeno. No se trataba de investigación, sino de pedagogía.

Los médicos medievales han sido duramente criticados por los historiadores modernos por adoptar una metodología que hacía de los textos, y no de los cadáveres, la principal autoridad anatómica. El desafortunado resultado de esta metodología, se ha dicho, era la continua propagación de una variedad de errores en la explicación que hacía Galeno de la anatomía humana. ¿Qué debemos pensar de estas críticas? No hay duda de que los médicos medievales consideraron la anatomía galénica un impo-

nente logro y por ello estaban inclinados a atribuir gran (aunque no absoluta) autoridad a los textos de Galeno, pero de ahí no se sigue que fueran tontos. Considérese un paralelismo moderno: el moderno libro de texto de anatomía también constituye un logro destacado, y cuando el estudiante de medicina que hace el curso obligatorio de anatomía descubre una discrepancia entre el texto y el cadáver, la interpreta como una variación en el cadáver y no como un error en el libro de texto. No debe sorprendernos ver que los médicos y cirujanos medievales se comportaban de modo similar. Tenían todo tipo de razones para creer que Galeno había acertado (como, en la mayoría de las ocasiones, hizo) y considerar el estudio de los textos galénicos como el modo más seguro y eficiente, por no decir el más completo, de adquirir conocimiento en anatomía.

A pesar de la importancia secundaria de la disección anatómica dentro de la educación médica, hemos visto que, a finales del siglo XIII y principios del XIV, se desarrolló una tradición de disección anatómica. A lo largo de los dos siglos siguientes aumentó su importancia y sofisticación, manteniendo a la vez un continuo diálogo con la tradición textual del conocimiento anatómico. En el siglo XV, se alió con la tecnología de la imprenta, que hizo posible la edición barata de textos y reproducciones fieles de dibujos anatómicos. La calidad de los dibujos anatómicos era mejorada por la creciente colaboración de artistas de talento. Y en el siglo XVI, estos factores se combinaron con el renovado acceso al texto griego de Galeno para producir los asombrosos logros en anatomía de Andrea Vesalio (1514-1564) y otros.

El desarrollo del hospital

Concluyo la discusión de la medicina medieval con una nota institucional, una breve explicación de uno de los logros médicos medievales más celebrados: la invención del hospital. Una de las dificultades al tratar sobre el origen del hospital consiste en decidir qué significa el término. Si por «hospital» entendemos algo llamado «hospicio» u «hospital», entonces incluimos muchas instituciones que ofrecían comida y abrigo a los pobres y peregrinos, incluidos los enfermos, pero que proporcionaban poco o ningún cuidado médico especializado. En cambio, si queremos preservar el término para las instituciones dedicadas al tratamiento de los enfermos, que incluían la provisión de cuidado médico experto, entonces estamos aplicando un criterio mucho más estrecho. El primer tipo de

hospital, que fue común a lo largo de la Europa medieval (a menudo mantenido por monasterios o comunidades de hermandades seculares) no nos interesa. Aquí prestaremos atención a la otra clase de institución.[37]

Así pues, ¿de dónde procede el hospital como una institución médica? Parece que sus orígenes están en el Imperio bizantino donde, en el siglo VI y quizás incluso antes, los ideales cristianos de la caridad llevaron al establecimiento de hospitales que proporcionaban cuidado médico especializado. Uno de los primeros del que tenemos muchos datos fue el hospital de Sampson (llamado así por un santo del siglo IV) en Constantinopla. Allí, a principios del siglo VII, por ejemplo, un miembro de la Iglesia que sufría una infección en la ingle fue hospitalizado para ser intervenido quirúrgicamente y convalecer. Otros hospitales bizantinos se organizaron siguiendo las mismas líneas. En el siglo XII, el hospital Pantokrator, también en Constantinopla, tenía espacio para cincuenta pacientes (treinta y ocho hombres y doce mujeres). Para satisfacer sus necesidades médicas y de otra clase, el hospital tenía cuarenta y siete empleados, incluidos médicos y cirujanos.[38]

Este modelo bizantino llegó a ser conocido en el Islam y en Occidente, donde interactuó con, y ayudó a configurar, las tradiciones locales del cuidado de la salud. En el Islam, encontramos instituciones comparables a principios del siglo IX, quizá debido a la influencia de la familia Barmak, que ocupó una posición de poder bajo el califa Hārūn-al-Rašīd (786-809). En la transmisión del modelo bizantino a Occidente, sin duda hubo muchas vías. Una de ellas parece haber llegado como un subproducto de la conquista de Jerusalén en 1099, durante la Primera Cruzada. Poco después de la caída de Jerusalén, los hermanos laicos (posteriormente conocidos como hospitalarios) que dirigían el hospital de San Juan en Jerusalén, lo reorganizaron siguiendo el modelo bizantino. Debido a su destacada localización y gran tamaño, llegó a ser famoso en toda Europa. Un siglo después, los visitantes informan de que hospedaba a mil pacientes o más. Con el tiempo, los hospitalarios establecieron una cadena de hospitales en Italia y en el sur de Francia. Mediante la promulgación de varios estatutos que regulaban estos hospitales (exigiendo, en una

37. Sobre los orígenes del hospital en su sentido más restringido, véanse especialmente Tymothy S. Miller, *The Birth of the Hospital in the Byzantine Empire*; Miller, «The Knights of Saint John and the Hospitals of the Latin West»; Michael W. Dols, «The Origins of the Islamic Hospital: Myth and Reality»; y Kealey, *Medieval Medicus*, caps. 4-5.

38. Miller, «The Knights of Saint John», págs. 723-725.

FIG. 13.16. *Hospital medieval.* De Jean Henry, *Le livre de vie active des religieuses de l'Hôtel-Dieu* (finales del siglo XV). París, Centre de l'Image de l'Assistance Publique. Esta ilustración es discutida en Imbault-Huart, *La médecine au Moyen âge*, pág. 168.

de las versiones, la contratación de cuatro médicos para tratar a los pacientes), el modelo de Jerusalén pasó a ser familiar en Occidente, donde influyó en la concepción del cuidado caritativo del enfermo y del indigente, estimulando el desarrollo del hospital como una institución médica especializada.[39]

Ésta es, sin duda, una imagen muy incompleta, en la que quedan muchos puntos oscuros. Sean cuales sean los detalles de la transmisión y asimilación, el modelo de hospital como institución médica se difundió rápidamente en Occidente, en los siglos XII y XIII, de modo que podemos encontrar hospitales en ciudades y pueblos en toda Europa. Podían ser grandes o pequeños, y contener desde cientos de camas a media docena.

39. Es dudoso que se haya dicho la última palabra sobre este complejo tema. Yo he seguido a Dols, «The Origins of the Islamic Hospital», págs. 382-384; y Miller, «Knights of Saint John», págs. 717-723, 726-733. Sobre la familia Barmak, véase el capítulo 8.

Podían estar patrocinados por religiosos o seglares. Su clientela pertenecía usualmente a las clases bajas, aunque había excepciones. Normalmente estaban dirigidos por médicos profesionales, que cobraban un salario anual por sus trabajos. Se prestaba una atención considerable a las necesidades de los pacientes: limpieza y dieta, por ejemplo. Las camas hechas de colchones de paja suspendidos por cuerdas de pilares, estaban diseñadas para contener a dos e incluso tres pacientes. Una descripción de las instalaciones médicas en la ciudad de Milán, escrita hacia 1288, resulta instructiva:

> En la ciudad, incluidos los suburbios [...] hay diez hospitales para los enfermos [...] El principal es el Hospital del Brolo, muy rico en posesiones y fundado por Godofredo de Bussero en 1145. En él [...] se encuentran, especialmente en los malos tiempos, más de quinientos pacientes de lecho y muchos más que no están encamados. Todos reciben comida a costa del propio hospital. Además de éstos, hay 250 niños o más, puestos con enfermeras individuales después de su nacimiento, al cuidado del hospital. Toda clase de pobres, excepto leprosos, para los que hay un hospital reservado, son recibidos allí, y sanados amable y bondadosamente, provistos de cama y comida. También todos los pobres que necesitan atención quirúrgica son diligentemente cuidados por los tres cirujanos que están asignados a esta tarea específica [...][40]

Aunque presente la cara mejor del asunto, esta descripción revela el impresionante nivel de cuidado al que podía aspirar el hospital medieval.

La historia natural

Durante la Edad Media, la medicina era sin duda alguna el principal depósito de conocimiento biológico, pero no era el único. La filosofía natural aristotélica incluía un amplio componente de información zoológica y botánica. Las enciclopedias casi siempre contenían secciones sobre plantas y animales. Obviamente, los herbarios y bestiarios estaban especializados en las plantas y animales respectivamente. Y, por último, la gente medieval tenía un íntimo conocimiento de primera mano de la flora y la fauna locales. Terminaremos este capítulo con un breve examen del conocimiento medieval de botánica y zoología.

40. Sobre los hospitales en Occidente, véase Talbot, *Medicine in Medieval England*, cap. 14 (págs. 177-178 para las citas).

FIG. 13.17. *Una página del* Herbario *de Pseudo-Apuleius, que describe e ilustra la hierba rastrera, el lirio y el romero.* Oxford, Bodleian Library, MS Ashmole 1431, fol. 21r (siglo XII). Descrito por Joan Evans (comp.), *The Flowering of the Middle Ages*, págs. 190, 352.

El conocimiento botánico medieval estaba estrechamente relacionado con la medicina, puesto que el uso principal de las plantas (si dejamos de lado las que formaban parte de la dieta europea) era el de los remedios de herbolario. Si el uso medicinal de las hierbas debía ser efectivo, se necesitaban manuales que describieran las distintas hierbas y sus usos terapéuticos. Así se desarrolló una importante literatura herbolaria, la mayor parte destinada a objetivos prácticos. El modelo era el *De materia medica* de Dioscórides en su traducción latina revisada, que organizaba las sustancias medicinales en orden alfabético para facilitar el uso. Una entrada típica en un herbario incluiría el nombre o nombres de la planta, una explicación de sus características definitorias, incluido el hábitat, una descripción de sus partes medicinalmente importantes y sus propiedades terapéuticas, e instrucciones respecto a la preparación y uso. El orden alfabético del herbario revela que los objetivos prácticos (la posibilidad de buscar una sustancia por el nombre) prevalecía sobre la clasificación según el tipo biológico o cualquier otra consideración teórica.[41]

Pero, junto a estos herbarios orientados a la práctica, había también una literatura más teórica o filosófica, que situaba la vida de la planta dentro del contexto de la filosofía natural. La mayor parte de esta literatura procedía de un modo u otro del libro *Acerca de las plantas*, atribuido a Aristóteles y que los estudiosos medievales creían que era suyo, pero que probablemente fue escrito por Nicolás de Damasco (siglo I a.C.). Se escribieron unos pocos comentarios sobre este tratado (quizá se conocían una docena), el más importante de los cuales con diferencia era el *Acerca de los vegetales* de Alberto Magno (ca. 1200-1280). Esta obra contenía una paráfrasis del *Acerca de las plantas*, acompañada por el propio intento de Alberto Magno de introducir orden intelectual en la filosofía natural de las plantas, y finalmente una lista alfabética tradicional de las hierbas y sus usos. Una lectura de esta obra pone de manifiesto la extraordinaria habilidad, sin igual entre sus contemporáneos, con la que Alberto observó y describió los fenómenos vegetales.[42]

Uno podría esperar un estrecho paralelismo entre la literatura botánica y la zoológica. Sin embargo, el conocimiento zoológico tenía pocas

41. Para una buena introducción al conocimiento medieval de botánica, en particular a los herbarios, véanse Jerry Stannard, «Medieval Herbals and Their Development»; y Stannard, «Natural History», págs. 443-449.

42. Sobre los conocimientos de botánica de Alberto, véanse Karen Reeds, «Albert on the Natural Philosophy of Plant Life»; y Jerry Stannard, «Albertus Magnus and Medieval Herbalism». Sobre los estudios biológicos de Alberto, véase el capítulo 10.

aplicaciones en el terreno médico y escaso valor práctico en cualquier otro. Consecuentemente, no había una contrapartida zoológica del depósito de conocimiento botánico práctico, el herbario. Como en el caso de la botánica, había una tradición textual aristotélica subyacente, pues Aristóteles había escrito una serie de grandes e importantes obras zoológicas. Fueron vertidas al latín (junto con el influyente comentario de Avicena) y atrajeron considerable atención, no tanto por la detallada información zoológica que contenían como por su relación con cuestiones más generales de filosofía natural. Una vez más Alberto Magno fue una de las principales figuras, proporcionando, en su *Acerca de los animales* y en otras obras, un amplio cuerpo de zoología descriptiva y teórica. De particular interés son sus discusiones sobre la nutrición y la embriología. Su tratamiento de la concepción y el desarrollo embriológico, por ejemplo, dependía no sólo de las teorías de la concepción de Aristóteles, sino en un grado muy importante de sus propias observaciones de la conducta reproductiva de los animales. La historia de la zoología medieval todavía está por escribir, pero indudablemente en Alberto Magno vemos el aspecto filosófico cerca de su cenit.[43]

Junto a las obras zoológicas en la tradición aristotélica, había una variedad de géneros de literatura sobre animales, dos de los cuales han recibido considerable atención. Uno de ellos consiste en tratados prácticos de cetrería. El más famoso del género fue escrito en Sicilia por el emperador Federico II (hacia la mitad del siglo XIII), titulado *Acerca del arte de cazar con aves*. La observación más famosa en este afamado tratado sobre las aves es la determinación experimental de Federico de que los buitres localizan su comida mediante la vista y no con el olfato, observando su incapacidad para encontrar comida cuando sus ojos están cubiertos.[44]

Si el tratado de cetrería de Federico II parece extraordinariamente práctico y moderno, desprovisto del contenido fantasioso o metafísico que nosotros hemos llegado a asociar con la Edad Media, nuestro último

43. Sobre la zoología medieval, véase Stannard, «Natural History», págs. 432-443. Sobre las contribuciones de Alberto, véanse Joan Cadden, «Albertus Magnus' Universal Physiology: the Example of Nutrition»; Luke Demaitre y Anthony A. Travill, «Human Embriology and Development in the Works of Albertus Magnus»; y Robin S. Oggins, «Albertus Magnus on Falcons and Hawks». Una selección de textos del *De animalibus* de Alberto aparece en Alberto Magno, *Man and the Beasts, De animalibus (books 22-26)*, trad. de James J. Scanlan.

44. Charles Homer Haskins, «Science at the Court of the Emperor Frederick II»; y Haskins, «The *De arte venandi cum avibus* of Frederick II».

ejemplo de literatura medieval sobre animales está en el otro extremo. El bestiario medieval se presenta a menudo como ejemplo de la incapacidad medieval para observar el mundo objetivamente y obtener conocimiento zoológico sencillo. Todos los bestiarios medievales descienden de un tratado anónimo titulado *Physiologus*, que surgió de Alejandría y está escrito en griego (quizás hacia el año 200 d.C.), posteriormente traducido al latín y a la mayoría de las lenguas vernáculas europeas. El *Physiologus* y los libros medievales inspirados por él son antologías de saber popular sobre animales ordenadas en breves entradas o capítulos bajo los nombres de los respectivos animales, sumando desde alrededor de cuarenta en el *Physiologus* hasta más de un centenar en alguno de los bestiarios posteriores.[45]

La entrada típica del bestiario comienza con una explicación etimológica del nombre del animal. Por ejemplo, el artículo sobre el caballo en un bestiario del siglo XII afirma que éste toma su nombre, *equus*, del hecho de que cuando los caballos «son juntados de a cuatro, están "nivelados" (*equabantur*) y los que son parecidos en figura e iguales en su andadura se emparejan».[46] Si el animal tiene características físicas distintivas, serán señaladas a continuación, seguidas de una explicación de la conducta inusual o interesante y de una descripción de los rasgos de carácter admirables o lamentables. Aprendemos, por este mismo bestiario del siglo XII, que el erizo está cubierto de pinchos y se enrolla sobre sí mismo formando una bola para protegerse; que el zorro es un animal «fraudulento e ingenioso» que se hace el muerto para coger a su presa; que las grullas se mueven en formación militar; que la serpiente llamada «basilisco» puede matar con el poder de su mirada; que la orina del lince se vuelve una piedra preciosa; que los leones son compasivos y valientes y que sus cejas y crines ofrecen una pista de su disposición. Finalmente, muchos artículos (pero no todos) prosiguen deduciendo una moraleja y planteando una cuestión teológica a partir de la descripción del animal. El erizo es un ejemplo de prudencia, la grulla de cortesía y responsabilidad. El zorro se emplea como modelo del demonio, que seduce al hombre carnal mediante la conducta fraudulenta. Y el león macho, que insufla

45. Sobre los bestiarios medievales y el *Physiologus*, véanse la introducción a *Physiologus*, trad. de Michael J. Curley, págs. ix-xxxviii; Stannard, «Natural History», págs. 430-443; C. S. Lewis, *The Discarded Image*, págs. 146-152; y Willene B. Clark y Meradith T. McMunn (comps.), *Beasts and Birds of the Middle Ages*.

46. *The Bestiary: A Book of Beasts*, trad de T. H. White, pág. 84. El ejemplo de este párrafo pertenece enteramente al bestiario del siglo XII traducido por White.

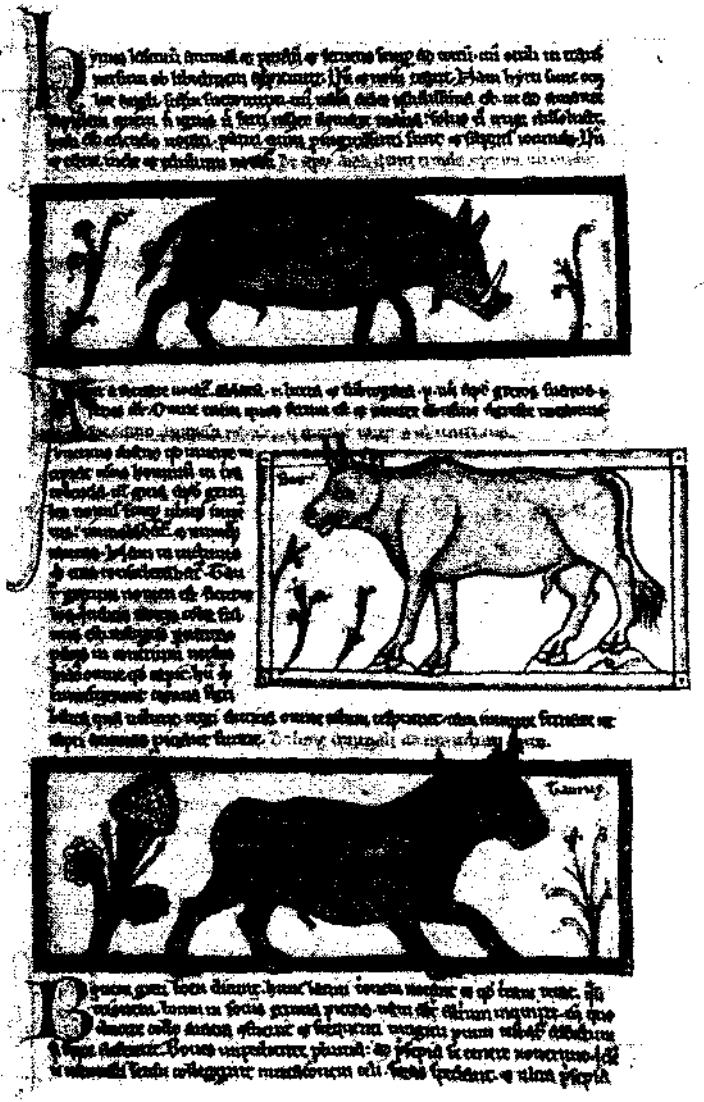


FIG. 13.18. *Página de un bestiario medieval, que muestra el jabalí, el buey y el toro.* Londres, British Library, MS Harley 3244, fol. 47r (principios del siglo XIII). Con permiso de la British Library.

vida a su cría que había nacido muerta después de tres días, representa a Dios Padre resucitando a Cristo.

¿Cómo debemos juzgar tan extraña mezcla de hechos, fantasía y parábola? Realmente el bestiario no se deja leer como un moderno manual de zoología, y según esto los historiadores de la ciencia a veces han retratado a las personas que compilaban los bestiarios como zoólogos fallidos e incompetentes. El supuesto es que ellos estaban tratando (o deberían haber tratado de) escribir manuales modernos de zoología pero que no pudieron imaginar cómo hacerlo, y que su deficiencia más seria era su aparente incapacidad para distinguir entre el hecho y la fantasía. Pero está claro que resulta ridículo insistir en que la gente medieval compartía nuestros intereses y prioridades. Que los estudiosos medievales eran capaces de escribir algo parecido a un manual de zoología está bastante claro por el caso análogo del herbario o de los libros sobre cetrería que hemos mencionado más arriba. Y, por tanto, su incapacidad para hacer del bestiario un manual de zoología ha de derivar de la adopción de diferentes objetivos.

¿A qué propósito, pues, pretendía servir el bestiario? Era una antología de saber popular y mitología animal, rica en simbolismo y asociaciones, que pretendía instruir y entretener. Y sin duda, ni al compilador ni al lector se les ocurrió investigar si las historias eran ciertas, en el sentido de que se esperaba que fueran verdaderas las afirmaciones de la filosofía natural aristotélica. El bestiario conseguía su objetivo en la medida en que, efectivamente, llevara a su lector al mundo de la mitología tradicional, de la metáfora y la similitud.[47] También nosotros tenemos mitologías similares. Considérese el saber popular en torno a la marmota como pronosticadora de la duración del invierno, de lo que cada febrero (al menos en mi parte del país) se informa con toda solemnidad en los periódicos, en la radio y en la televisión.* ¿Cree alguien de verdad en este pronóstico? Pro-

47. Véase un análisis deliciosamente iluminador de la literatura zoológica del siglo XVI en William B. Ashworth, Jr., «Natural History and the Emblematic World View», págs. 304-306.

* En Estados Unidos se conserva una celebración tradicional, *Groundhog day*, o día de la marmota. Se supone que el comportamiento de este animal al terminar su hibernación puede predecir la duración del invierno. Según esta tradición la marmota despierta de su hibernación y abandona su madriguera el 2 de febrero. Si el día es soleado y la marmota ve su propia sombra, se asusta y regresa a su madriguera para seguir durmiendo seis semanas más, lo cual significa que habrá otras seis semanas de invierno. El suceso es televisado a todo el país desde una famosa madriguera de Punxsutawney, en Pensilvania. *(N. del t.)*

bablemente no, pero plantear la pregunta es poner de manifiesto un funesto malentendido del propósito de la tradición de la marmota, que no es la comunicación «científica» de la verdad meteorológica, sino la participación en el ritual comunitario tradicional, con todos los beneficios sociales y psicológicos que ello comporta.

La mayoría de nosotros llegamos a ser bastante hábiles para discriminar entre los diferentes tipos de producciones literarias y artísticas. Sabemos inmediatamente la diferencia entre una proposición científica, que debe satisfacer una variedad de rígidos tests epistemológicos para contar como verdaderamente «científica», y una historia del doctor Seuss o el pronóstico del tiempo que nos ofrece la marmota «Jimmy», que tienen funciones bastante diferentes y por tanto deben ser medidas con diferentes criterios. También necesitamos llegar a discriminar del mismo modo en nuestro estudio de la gente medieval y sus logros, incluidos los distintos géneros de arte y literatura que producían. Al igual que hemos visto (capítulo 11) que el *mappamundi* medieval generalmente tenía objetivos bastante diferentes de los del moderno atlas mundial, también debemos dejar de suponer que todos los libros medievales que aludían a fenómenos naturales pretendían tener objetivos filosóficos o científicos análogos a los nuestros cuando escribimos un libro de texto científico, y entender que pueden haber pretendido gustar e informar a sus lectores a otros niveles. A medida que consigamos este tipo de discernimiento sofisticado de los productos de la cultura medieval, y aprendamos a juzgar el logro a la luz del objetivo, estaremos en el camino de una comprensión más completa del carácter, los logros y, sí, el encanto de la Edad Media.

Capítulo 14

El legado de la ciencia antigua y medieval

El debate sobre la continuidad

La tarea del historiador no es evaluar el pasado sino comprenderlo. Y mi propósito al escribir este libro ha sido describir la tradición científica antigua y medieval, y no determinar su mérito o valor. Pero parece poco probable que la cuestión del valor pueda ser permanentemente eludida. Ha tenido un lugar destacado en exposiciones anteriores de la ciencia inicial, e indudablemente está al acecho en la mente de muchos lectores de ésta. Para terminar, por tanto, entremos cautamente en este peligroso, y hasta aquí prohibido, territorio.

La cuestión del valor ha asumido muchas formas diferentes. Los críticos y detractores han preguntado frecuentemente si las actividades y logros intelectuales sobre los que los historiadores de la ciencia antigua y medieval escriben, y a los que está dedicado este libro, eran *realmente* ciencia. Es decir, ¿se parecen o anticipan a la ciencia moderna? Un planteamiento más sutil y más útil de la cuestión puede ser: ¿qué importancia tuvo a largo plazo la tradición científica antigua y medieval? ¿Tuvo una influencia permanente y continua en el curso o la configuración de la ciencia occidental, o fue un callejón sin salida intrascendente que, en última instancia, no llevó a ninguna parte? O, para plantear la cuestión en su forma más común: ¿la ciencia medieval y la ciencia moderna inicial son continuas o discontinuas una respecto a otra? Esta última es la famosa «cuestión de la continuidad», que ha sido la base de una persistente y continua disputa entre los «medievalistas» y los «estudiosos de los inicios de la modernidad». Hagamos un breve examen del debate sobre la continuidad,

empezando por una exposición de sus orígenes, para situarnos a nosotros mismos históricamente.[1]

La opinión que surgió de las valoraciones que hizo el siglo XVII de la tradición filosófica reconocía la magnitud del logro griego, pero consideraba que la Edad Media había sido un periodo de estancamiento, si no de desolación. Francis Bacon (1561-1626) estableció el tono cuando escribió en su *Novum Organum* (1620) que las edades entre la antigüedad y la suya propia habían sido «desfavorables» para las ciencias: «Pues ni los árabes ni los escolásticos merecen ser mencionados, pues en los tiempos intermedios más que aumentar el peso de la ciencia la aplastaron con una multitud de tratados». Voltaire (1694-1778) continuó el ataque, escribiendo sobre la «decadencia y degeneración general» que caracterizaba la Edad Media, y sobre la «astucia y simplicidad. [...] Brutalidad y artificio» de la mente medieval. El contemporáneo algo más joven que Voltaire, Condorcet (1743-1794) echó la culpa de todo esto directamente sobre las espaldas de la Iglesia medieval, afirmando que «el triunfo del cristianismo fue la señal para la completa decadencia de la filosofía y de las ciencias».[2]

1. Para un reciente análisis del debate de la continuidad, véanse David C. Lindberg, «Conceptions of the Scientific Revolution from Bacon to Butterfield»; y Bruce S. Eastwood, «On Continuity of Western Science from the Middle Ages». Para bibliografía adicional, véase este último artículo.

La cuestión de la continuidad entre la ciencia medieval y los inicios de la moderna es sin duda un tema legítimo de investigación. Pero existen dos peligros contra los que el historiador debe estar en guardia. El primero es la tentación de medir la tradición científica antigua y medieval en función de su semejanza con la ciencia moderna, reduciendo de este modo los criterios de valor a la anticipación de, o aproximación a, desarrollos posteriores. El segundo es que las disputas entre los historiadores especializados en distintos periodos permitan que desaparezcan cuestiones teóricamente serias planteadas por la cuestión de la continuidad, que los historiadores especializados en los inicios de la ciencia exageren los logros científicos antiguos y medievales con el fin de defender la especialidad que han elegido contra los intentos de denigrarla de los profesionales de otras especialidades minimizando sus realizaciones. Es probable que entonces la batalla y las estrategias de la argumentación estén determinadas tanto por la lealtad a la especialidad como por los datos históricos.

2. Francis Bacon, *New Organon*, en *Works*, trad. de James Spedding, Robert Ellis y Douglas Heath, nueva ed., 15 vols., Nueva York, Hurd & Houghton, 1870-1872, 4, pág. 77. François Marie Arouet de Voltaire, *Works*, trad. de T. Smollett, T. Francklin, y otros, 39 vols., Londres, J. Newbery u otros, 1761-1774., 1, pág. 82. Marqués de Condorcet, *Sketch for a Historical Picture of the Progress of the Human Mind*, ed. Stuart Hamphshire, trad. de June Barraclough, Londres, Weindefeld & Nicholson, 1955, pág. 72.

El punto de vista de Bacon, Voltaire y Condorcet fue afinado y ampliamente diseminado en la segunda mitad del siglo XIX por el distinguido historiador suizo Jacob Burckhardt (1818-1897), a quien usualmente se atribuye el concepto de «Renacimiento» en su forma moderna. Burckhardt concebía el Renacimiento (desde su punto de vista, más o menos el periodo que va de 1300 a 1500) como un renacer de la cultura clásica (es decir, griega) tras el largo periodo de la Edad Media. En su *The Civilization of the Renaissance in Italy* (1860) afirmaba que «la Edad Media [...] se libró del problema de la inducción y la libre investigación». Sostenía que, frente a este fracaso del espíritu humano, durante el Renacimiento italiano, en cada disciplina científica, «los investigadores del periodo, principalmente a través de su redescubrimiento de los resultados alcanzados por la antigüedad, marcaron una nueva época, con la que empieza el periodo moderno de la ciencia en cuestión».[3] El entusiasmo de Burckhardt por el periodo del Renacimiento resultó contagioso, lo muestra la pomposa prosa de uno de sus primeros seguidores (y extremadamente influyente), John A. Symonds:

> La belleza es un engaño, el placer un pecado, el mundo una apariencia fugaz, el hombre un ser caído y perdido, la muerte la única certeza, el juicio inevitable, el infierno eterno, el cielo difícil de alcanzar. La ignorancia es aceptable para Dios como una prueba de fe y sumisión. La abstinencia y la mortificación son las únicas reglas seguras de la vida. Éstas eran las ideas fijas de la ascética Iglesia medieval. El Renacimiento acabó con ellas y las destruyó, rasgando el frágil velo que habían echado entre la mente del hombre y el mundo exterior y arrojando la luz de la realidad sobre los lugares oscuros de su propia naturaleza. Pues la enseñanza mística de la naturaleza fue sustituida por la cultura de las humanidades clásicas. Se estableció un nuevo ideal, mediante el cual el hombre se esforzó por constituirse en monarca del globo [...] El Renacimiento fue la liberación de la razón del calabozo, el doble descubrimiento del mundo exterior e interior. Un acontecimiento externo determinaba la dirección que tomaría este estallido del espíritu de libertad. Fue el contacto de la mente moderna con la

3. Jacob Burckhardt, *The Civilization of the Renaissance in Italy*, págs. 371, 182. Para un análisis del concepto de Renacimiento, véanse Wallace K. Ferguson, *The Renaissance in Historical Thought*, esp. caps. 7-8; y Philip Lee Ralph, *The Renaissance in Perspective*, cap. 1. Con respecto a las citas de Burckhardt estoy en deuda con Edward Rosen, «Renaissance Science as Seen by Burckhardt and His Successors», en Tinsley Hilton (comp.), *The Renaissance*, pág. 78.

> antigua [...] El genio moderno sintió confianza en sus propias energías cuando supo lo que los antiguos habían conseguido.[4]

Según esta explicación, el progreso en la tradición científica occidental sorteó la Edad Media, siguiendo una vía desde la antigüedad clásica al Renacimiento italiano y a la ciencia europea en los siglos XVI y XVII. En resumen, la «nueva ciencia» de los inicios de la era moderna debía mucho a la antigüedad, pero poco o nada a la Edad Media.

En los primeros años del siglo XX, el físico y filósofo francés Pierre Duhem (1861-1916) articuló una visión totalmente diferente del curso de la ciencia. Mientras exploraba los orígenes de la ciencia de la estática, Duhem encontró las obras de una serie de matemáticos y filósofos naturales medievales que, a su juicio, habían sentado los fundamentos de la ciencia moderna, anticipando alguno de los logros más fundamentales de Galileo y sus contemporáneos. Al final, Duhem concluyó que «la mecánica y la física de la que los tiempos modernos están justificadamente orgullosos procede, por una serie ininterrumpida de mejoras apenas perceptibles, de las doctrinas profesadas en el corazón de las escuelas medievales».[5] Si Duhem estuviera en lo cierto, los orígenes de la ciencia moderna deben hallarse no en el rechazo del escolasticismo medieval y en el retorno a las antiguas ideas y fuentes por parte de los «humanistas» del Renacimiento, sino en las enseñanzas de los filósofos naturales medievales y la interacción entre la teología cristiana y la filosofía natural escolástica en las universidades medievales.

Las pretensiones de Duhem iniciaron el debate de la continuidad, que entra en erupción con una cierta regularidad a lo largo del siglo XX. El primer apoyo a la campaña de Duhem para rehabilitar la tradición científica provino de los influyentes medievalistas Charles Homer Haskins (1870-1973) y Lynn Thorndike (1882-1965), que escribían en las décadas de 1920 y 1930.[6] Los decenios que siguieron a la Segunda Guerra

4. John Addington Symonds, *Renaissance in Italy*, part I: *The Age of the Despots*, págs. 13-15 (un pasaje al que fui remitido por Ralph, *Renaissance in Perspective*, pág. 6).

5. Pierre Duhem, *Les origins de la statique*, vol. I, pág. iv. Posteriormente, Duhen articuló su punto de vista de la contribución medieval a la ciencia en sus *Études sur Léonard de Vinci*; y su *Le système du monde*. Sobre Duhem, véase también R. N. D. Martin, «The Genesis of a Mediaeval Historian»; Stanley Jaki, *Uneasy Genius: the Life and Work of Pierre Duhem*.

6. Charles Homer Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*; y *The Renaissance of the Twelfth Century*. Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science*; y *Science and Tought in Fifteenth Century*.

Mundial conocieron una decisiva expansión de la investigación histórica de la ciencia medieval. La creciente actividad llevó a un mejor estatus y a nuevas afirmaciones sobre la magnitud del logro científico medieval. Una de las figuras punteras en el movimiento de la posguerra fue Marshall Clagett (1916-), que dejó su huella principalmente por medio de la edición y traducción de textos científicos y matemáticos medievales. Otra figura fue Anneliese Maier (1905-1971), que produjo una serie de brillantes estudios en los que mostraba, por ejemplo, cómo leer las fuentes más cuidadosamente y con una mayor atención a su contexto filosófico. A la vez que ponía en duda muchas de las afirmaciones más extremas de Duhem y ofrecía un análisis de la filosofía medieval mucho más sutil y más cauto que el de éste, Maier reafirmaba la importancia de la contribución medieval, conceptual y metodológica, a la forja de la ciencia moderna.[7]

En la primera mitad del siglo xx, el debate sobre la continuidad era un asunto relativamente calmado. Sin embargo, se animó cuando Alistair Crombie (1915-) publicó un par de manifiestos referentes a la relación entre la ciencia medieval y los inicios de la moderna, en forma de dos libros. En el primero, una revisión de la ciencia medieval y moderna inicial, publicado en 1952, Crombie afirmaba que «fue el desarrollo de [...] los métodos experimental y matemático de los siglos xiii y xiv lo que produjo el movimiento que en el siglo xvii había llegado a ser tan impactante como para ser llamado Revolución Científica».[8] Crombie elaboró este tema en el segundo libro, publicado un año después, manteniendo: a) que la característica crucial de la ciencia moderna inicial era su posesión de la metodología adecuada para la práctica de la ciencia, la metodología de la experimentación, y b) que esta metodología era una creación de la Edad Media tardía:

7. Anneliese Maier, «The Achievement of Late Scholastic Natural Philosophy», en Maier. *On the Threshold of Exact Science*, págs. 143-170; también la introducción de Sargent, págs. 11-16; y John E. Murdoch y Edith D. Sylla, «Anneliese Maier and the History of Medieval Science». Una bibliografía de las publicaciones de Anneliese Maier sobre la ciencia medieval está incluida en Maier, *Ausgehendes Mittelalters*, 3, págs. 617-626. Una lista de las publicaciones de Marshall Clagett se proporciona en un apéndice a Edward Grant y John E. Murdoch (comps.), *Mathematics and its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages*, págs. 325-328.

8. A. C. Crombie, *Augustine to Galileo: The history of Science A.D. 400-1650* (1952), pág. 273. Este libro sufrió varias revisiones, y también un cambio de título, cuando apareció en 1959 como *Medieval and Early Modern Science*. Para una evaluación del logro de Crombie, véase Eastwood, «On the Continuity of Western Science».

> La tesis de este libro es que una teoría sistemática de la ciencia experimental fue comprendida y practicada por suficientes filósofos [de los siglos XIII y XIV] para que su trabajo produjera la revolución metodológica a la que la ciencia moderna debe su origen [...] Lo que parece ser la primera aparición de una comprensión clara de los principios de la moderna ciencia experimental se encuentra en los escritos del lógico inglés [del siglo XIII], filósofo natural y estudioso Robert Grosseteste.[9]

El argumento de Crombie provocó una respuesta tajante por parte de los especialistas de los inicios de la ciencia moderna, entre los cuales el más formidable era el distinguido estudioso continental Alexandre Koyré (1892-1964). Koyré negó la importancia de la metodología en abstracto para los orígenes de la ciencia moderna, sugiriendo que «*demasiada* metodología es peligrosa», especialmente en los estadios iniciales de la tradición científica. Koyré tampoco estaba convencido de que las prescripciones de la tradición metodológica medieval fueran las «correctas», es decir, las que realmente emplearon Galileo y los otros a los que usualmente se les atribuye el mérito de haber fundado la nueva ciencia en los siglos XVI y XVII.[10] En opinión de Koyré, la «Revolución Científica» de los siglos XVI y XVII no fue un desarrollo o extensión de la ciencia medieval, sino una «mutación» intelectual que implicó la «disolución» de la visión del mundo medieval:

> Lo que los fundadores de la ciencia moderna [...] tenían que hacer no era criticar y combatir ciertas teorías erróneas, y corregirlas o reemplazarlas por otras mejores. Tenían que hacer algo totalmente diferente. Tenían que destruir un mundo y reemplazarlo por otro. Tenían que configurar de nuevo el marco de nuestro propio intelecto, reafirmar y reformar sus conceptos, desarrollar una nueva aproximación al ser, un nuevo concepto del conocimiento, un nuevo concepto de ciencia.[11]

9. A. C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science 1100-1700*, págs. 9-10.

10. Alexandre Koyré, «The Origins of Modern Science: A New Interpretation», págs. 13-14, 19.

11. Alexandre Koyré, «Galileo and Plato», en Koyré, *Metaphysics and Measurement: Essays in the Scienctific Revolution*, págs. 20-21. Aunque escritas en 1943, estas palabras representan la opinión estable de Koyré.

La erudición de Koyré influyó poderosamente en su generación de historiadores. A. R. Hall (1920-), un declarado representante de la escuela de pensamiento de Koyré, escribió sobre la «totalidad del cambio intelectual a finales del Renacimiento» y presentó la Revolución Científica como «el fenómeno del desplazamiento [...] de una idea de la naturaleza por otra alternativa; una "visión del mundo" por otra».[12]

En las últimas décadas los términos del debate se han refinado. Ernan McMullin replicó a las pretensiones metodológicas más extremas de Crombie. Mientras que por una parte aceptaba una medida importante de continuidad conceptual y lingüística entre la ciencia medieval y la moderna inicial, McMullin no podía detectar continuidad metodológica. En realidad, halló que la metodología era precisamente el área en la que la ciencia moderna rompió más decisivamente con el pensamiento medieval.[13] Thomas Kuhn ha desarrollado una influyente teoría de las revoluciones científicas en general, presentándolas como breves periodos de cambio radical («cambios paradigmáticos», los llama él) que se producen entre periodos relativamente estáticos de la actividad de resolución de rompecabezas (que él denomina «ciencia normal»). En cuanto a *la* Revolución Científica de los siglos XVI y XVII, Kuhn la ve como una colección de revoluciones más pequeñas, y (en buena medida) independientes, en disciplinas específicas. Distingue entre las ciencias matemáticas «clásicas», tales como la óptica y la astronomía, y las nuevas ciencias experimentales «baconianas», tales como la electricidad y la química. Niega que el cambio revolucionario fuera posible en las ciencias «baconianas» de reciente aparición, debido a la ausencia en la tradición medieval de antecedentes teóricos bien desarrollados susceptibles de una transformación radical. Por ello localiza el cambio revolucionario casi exclusivamente en las ciencias «clásicas» de la astronomía, la mecánica y la óptica.[14]

El debate de la continuidad también se ha visto complicado por los desarrollos en la investigación sobre el Renacimiento. En las últimas tres o cuatro décadas ha habido una tendencia a dotar a la ciencia del Renaci-

12. A. Rupert Hall, «On the Historical Singularity of the Scientific Revolution of the Seventeenth Century», pág. 213; véase Hall, *The Revolution in Science 1500-1750*, pág. 3. Para las primeras exposiciones de la posición de Hall, véase *The Scientific Revolution 1500-1800*, introducción y primeros cuatro capítulos.

13. Ernan McMullin, «Medieval and Modern Science: Continuity or Discontinuity?». Aquí estamos hablando de *teoría*, más que de la *aplicación* del método científico.

14. Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*. Kuhn, «Mathematical versus Experimental traditions in the Development of Physical Science».

miento de un carácter exclusivamente propio, es decir, a redefinir el logro científico del Renacimiento de modos que lo distinguen de la filosofía natural de la Edad Media y de la del periodo moderno. Al frente de este movimiento ha estado Frances Yates (1899-1981), que identificó la contribución del Renacimiento a la «ciencia genuina» del siglo XVII con su fascinación por lo mágico y lo oculto. A su vez, Yates se ha convertido en el blanco de los esfuerzos revisionistas, y en este punto la cuestión del Renacimiento y su logro científico sigue siendo algo confusa.[15]

Quizás estos antecedentes históricos son suficientes para mostrar la naturaleza del debate de la continuidad y plantear el problema al que se dedicará el resto de este capítulo. Pero, antes, una advertencia. Si el debate fuera susceptible de una resolución fácil, habría terminado hace tiempo. Por tanto, es improbable que aquí podamos liquidar la cuestión definitivamente. En realidad, en cuestiones de este tipo, en las que el historiador se compromete no sólo a describir el cambio histórico, o siquiera a identificar sus causas, sino a sopesar la relativa importancia de los episodios de cambio histórico, una resolución definitiva puede que no pueda alcanzarse nunca. Tales juicios están muy alejados de los datos históricos y surgen únicamente en la medida en que esos datos son vistos desde una posición ventajosa de más amplios esquemas interpretativos, que en sí mismos no son susceptibles de confirmación fácil, directa o independiente.[16] Inevitablemente, las preferencias personales pesarán en el cálculo. En las páginas que siguen, por tanto, no espero ofrecer la última palabra sobre la cuestión de la continuidad. Más bien me propongo terminar este libro ofreciendo unas pocas reflexiones (por necesidad, algo personales) sobre la naturaleza y significado del logro científico medieval.

15. La exposición más clara de la «tesis de Yates» puede encontrarse en Frances A. Yates, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*; y «The Hermetic Tradition in Renaissance Science». Para un análisis crítico, véanse Brian P. Copenhaver, «Natural Magic, Hermetism, and Occultism in Early Modern Science»; Brian Vickers (comp.), *Occult and Scientific Mentalities in the Renaissance*; y los tres volúmenes de ensayos recopilados por Charles B. Schmitt: *Reappraisals in Renaissance Thought; The Aristotelian Tradition and Renaissance Universities*; y *Studies in Renaissance Philosophy and Science*. La expresión «ciencia genuina» es de Yates, citada por Copenhaver, pág. 261.

16. Este punto está bien señalado por McMullin, «Medieval and Modern Science», págs. 103-104.

El logro científico medieval

Quisiera empezar por revelar en qué equipo me alinearé en la cuestión de la continuidad. Me parece indiscutible que las afirmaciones más extremas hechas en favor de la ciencia medieval y su anticipación de los desarrollos modernos iniciales no son simplemente exageradas, sino falsas. Yo creo (como aclararé más abajo) que los filósofos naturales medievales hicieron muchas contribuciones importantes y duraderas a la tradición científica occidental, contribuciones que ayudaron a configurar esta tradición y que sirven, en parte, para explicarla. Pero los filósofos naturales medievales no anticiparon los elementos básicos de la ciencia moderna inicial. Ésta fue mucho más que una extensión, una adaptación y una articulación más completa de la visión del mundo medieval. En resumen, acepto el constructo histórico de «revolución científica».[17] Buena parte de las energías gastadas en el debate de la continuidad se han centrado en la cuestión de la metodología científica. Una versión del punto de vista discontinuista que prosperó durante siglos mantenía precisamente que lo que diferenciaba la ciencia del siglo XVII de la ciencia de la Edad Media era el descubrimiento y puesta en práctica de una nueva metodología experimental. Y en el núcleo de la defensa que hace Crombie de la tesis de la continuidad está la pretensión de que la metodología experimental fue una creación de la Edad Media. Hoy ambas opiniones parecen considerablemente abusivas. Estudios recientes sobre la metodología científica medieval y del siglo XVII han puesto de manifiesto la complejidad de la teoría y práctica metodológicas en ambos periodos y la total inadecuación de las simples generalizaciones de las que dependían los debates del pasado. Dichos estudios ponen de manifiesto que los filósofos naturales medievales prestaron una atención decisiva y seria a los detalles de la metodología aristotélica, y que de tales esfuerzos surgieron refinamientos e incluso distanciamientos de ésta. Pero también es evidente que los elementos aristotélicos fundamentales jamás fueron abandonados. Los filósofos medievales continuaron creyendo que el método apropiado para conocer implicaba la demostración silogística, la deducción a partir de primeros principios o premisas que se consideraba que tenían el estatus de autoevidentes.[18]

17. Para lo más reciente (pero sin duda no lo último) sobre la revolución científica, véanse los ensayos contenidos en David C. Lindberg y Robert S. Westman (comps.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*.

18. Sobre la metodología medieval, véanse Crombie, *Grosseteste*, esp. caps. 2-4; Wi-

Los filósofos naturales del siglo XVII se apartaron de Aristóteles mucho más radicalmente, llegando gradualmente, a medida que avanzaba el siglo, a un reconocimiento del estatus hipotético de las pretensiones científicas, a la potencia del experimento como una técnica de confirmación y refutación, y a la amplia utilidad de las matemáticas como un instrumento de medida y análisis. Creo que debemos considerar que la brecha entre las metodologías de los dos periodos es más pequeña de lo que se presenta en la tesis discontinuista fuerte, pero que es sustancialmente mayor de lo que presentan Crombie y los continuistas. Metodológicamente hablando, si el siglo XVII no vio un nuevo mundo, ciertamente vio un nuevo día.[19]

Creo que todavía se puede presentar un argumento más fuerte en favor de la discontinuidad si (siguiendo la iniciativa de Koyré) cambiamos el enfoque de la metodología por la visión del mundo o por la metafísica. Los desarrollos metafísicos específicos que tengo en mente son el rechazo, por parte de los «nuevos científicos» del siglo XVII (Galileo, Descartes, Gassendi, Boyle, Newton y otros), de la metafísica aristotélica de la naturaleza, la forma y la materia, la sustancia, la actualidad y la potencialidad, las cuatro cualidades y las cuatro causas; y la resurrección y reformulación de la filosofía corpuscular de los atomistas antiguos. Esto produjo un cambio conceptual radical, que destruyó los fundamentos de la filosofía natural tal como se había practicado durante casi dos mil años.[20]

Examinemos algunas consecuencias. A cambio del poderoso, organizado y (en muchos sentidos) orgánico mundo de la filosofía natural aristotélica, la nueva metafísica presentaba un mundo mecánico de materia inerte, incesante movimiento local y colisión azarosa. Desplazó las cualidades sensibles tan centrales en la filosofía natural aristotélica, ofreciéndoles una carta de ciudadanía de segunda clase, como cualidades secundarias, o incluso reduciéndolas al estatus de ilusiones sensoriales. A cambio

---

lliam A. Wallace, *Causality and Scientific Explanation*, vol. 1: *Medieval and Early Classical Science*, caps. 1-4; McMullin, «Medieval and Modern Science»; y Eilen Serene, «Demonstrative Science».

19. Ernan McMullin, «Conceptions of Science in the Scientific Revolution», en *Reappraisals,* Lindberg and Westman (comps.), págs. 27-86; McMullin, «Medieval and Modern Science», págs. 108-129. Para un análisis socio-histórico de la actividad experimental del siglo XVII, véanse también Steven Shapin y Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*; y Peter Dear, «Jesuit Mathematical Science and the Reconstitution of Experience in the Early 17th Century».

20. Véase la enérgica afirmación de Maier, «The Theory of the Elements and the Problem of their Participation in Compounds», pág. 125.

de las cualidades explicativas de la materia y la forma, presentaba el tamaño, la figura y el movimiento de los corpúsculos invisibles elevando el movimiento local a una posición de preeminencia entre las categorías del cambio y reduciendo toda causalidad a la causalidad eficiente y material. Y por lo que hace a la teleología aristotélica, que descubría el propósito *dentro* de la naturaleza, la sustituyó por los propósitos de un Dios creador, impuestos a la naturaleza desde fuera.

Además, la nueva metafísica tenía implicaciones de largo alcance en otros aspectos de la filosofía natural, incluida la metodología. Y puede resultar plausible (incluso persuasivo) afirmar que muchas de las innovaciones metodológicas del siglo XVII tenían sus raíces en la nueva metafísica. Parece claro, por ejemplo, que el abandono de las naturalezas esenciales de la filosofía natural aristotélica (que deben descubrirse sólo mediante el examen de las cosas en su estado natural, sin trabas) estimuló un enfoque más operativo o experimental de los fenómenos naturales.[21] Además, es indudable que la insistencia en los mecanismos corpusculares invisibles obligó a una seria reflexión sobre las hipótesis y su estatus epistemológico. Y, por último, el cambio de énfasis desde las cualidades aristotélicas a las propiedades geométricas de los corpúsculos (figura, tamaño y movimiento) sin duda estimuló la aplicación de las matemáticas a la naturaleza.

Antes de dejar los argumentos en favor de la discontinuidad, debo llamar la atención sobre varias circunstancias de distinto tipo que diferencian la ciencia moderna inicial de su predecesora medieval. Aunque la institucionalización de la filosofía natural en las universidades medievales fue un desarrollo de extraordinaria importancia, en los siglos XVI y XVII la dimensión, alcance y organización de la ciencia continuó creciendo.[22] Es indudable, además, que a principios del periodo moderno la ciencia se desarrolló en circunstancias sociales nuevas, que influyeron en su práctica y alteraron su forma.[23] Los siglos XVI y XVII también asistieron a innovaciones instrumentales cruciales (la invención del telescopio y el microscopio, por ejem-

21. Sobre las naturalezas esenciales, véase capítulo 3.

22. Véanse Mordechai Feingold, *The Mathematicians' Apprenticeship: Science, Universities and Society in England, 1560-1640*; y John Gascoine, «A Reappraisal of the Role of the Universities in the Scientific Revolution».

23. Hasta qué punto alteró esto la configuración de la actividad es una cuestión muy discutida. Hay una amplia literatura sobre este tema, que va desde la obra clásica de Robert K. Merton, *Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England* hasta el reciente libro de Margaret C. Jacob, *The Cultural Meaning of the Scientific Revolution*. Véanse también A. R. Hall, «Merton Revisited or Science and Society in the Seventeenth

plo, que hicieron posible la exploración de lo remoto y lo diminuto).[24] Y, por último, durante estos dos siglos, hubo un desarrollo teórico decisivo en disciplinas específicas: el surgimiento de la cosmología heliocéntrica en el siglo XVI y su triunfo en el XVII; y una nueva teoría del movimiento y la inercia, con sus enormes implicaciones para la dinámica terrestre y la celeste. Más abajo volveré a la cuestión del cambio en disciplinas específicas.

Si se acepta que la ciencia moderna inicial fue discontinua con la medieval en los modos descritos —que se produjeron cambios conceptuales radicales que produjeron la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII—, ¿en qué consistió entonces la contribución medieval? Si los filósofos naturales medievales no supieron anticipar la ciencia de los siglos XVI y XVII, ¿quedan desacreditados como consecuencia de ello o se desvanecen en la nada? ¿Contribuyeron en algo al movimiento científico que a largo plazo marcó la diferencia?

Antes de intentar responder a estas cuestiones, quisiera asegurarme de que se entiende un punto extremadamente elemental, pero absolutamente esencial. Los estudiosos antiguos y medievales cuyos esfuerzos intelectuales han sido descritos en este libro no se propusieron resolver los problemas científicos de los siglos XVI y XVII. Se preocuparon por sus propios problemas, a saber, la necesidad de comprender el mundo en el que *ellos* vivían, dentro de los límites de un marco conceptual heredado que definía importantes preguntas y sugería útiles modos de responderlas. Para la Edad Media tardía, este marco conceptual era un rico compuesto de pensamiento aristotélico, platónico y cristiano, adoptado por los estudiosos medievales a causa de su poder explicativo. Y en la medida en que respondía a las preguntas que ellos se planteaban, o prometía futuros éxitos, no tenían absolutamente ninguna razón para abandonarlo. Su objetivo no era anticipar futuras visiones del mundo, sino explorar, articular, emplear y criticar el suyo propio. Y su competencia como filósofos naturales debe juzgarse de acuerdo con ello. En resumen, debemos perdonar a los estudiosos medievales por ser medievales y dejar de castigarlos por no ser modernos. Si tenemos suerte, las futuras generaciones nos harán un favor similar.[25]

Century», y los artículos recogidos en George Basalla (comp.), *The Rise of Modern Science: Internal or External Factors?*

24. Véase, por ejemplo, Albert Van Helden, *The Invention of the Telescope*.

25. Sobre el proceso de cambio científico, véase Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions*.

Si podemos ponernos de acuerdo en que los filósofos naturales medievales no deben considerarse competentes o incompetentes por el grado en que anticiparon desarrollos futuros, la cuestión continua siendo: ¿hizo la Edad Media contribuciones significativas a la ciencia del siglo XVII? La respuesta es indiscutiblemente afirmativa. Los filósofos naturales medievales prepararon el terreno y allanaron el camino, de modos decisivos, para el logro del siglo XVII. Y cuando en este siglo se construyó una nueva estructura para la ciencia, contenía gran cantidad de materiales medievales. Permítaseme enumerar brevemente algunas de las contribuciones medievales más importantes.

En primer lugar, los estudiosos de la Edad Media tardía crearon una amplia tradición intelectual sin la cual el progreso subsiguiente habría sido inconcebible. Durante la Edad Media inicial, como hemos visto, Europa tenía una vida intelectual muy limitada y solamente poseía una versión escuálida y fragmentaria de la filosofía antigua. Desde estos primitivos comienzos, los europeos medievales se las arreglaron, a finales del siglo XIV, para crear una avanzada cultura filosófica. Empezaron por conocer a fondo las fuentes latinas ya a su disposición. Habiendo conseguido esto, emprendieron un esfuerzo de traducción masiva, con el que entraron en posesión de los frutos de la filosofía griega e islámica; muy especialmente, para nuestros propósitos, las obras de Aristóteles y sus comentaristas islámicos, la filosofía médica de Hipócrates y Galeno (tal como había sido elaborada por los médicos islámicos) y las obras de una multitud de escritores griegos e islámicos sobre matemáticas y ciencia matemática.

Segundo, habiendo entrado en posesión de la filosofía griega e islámica, los filósofos europeos medievales se sumergieron con entusiasmo en la tarea de batallar con sus contenidos. Los materiales traducidos formaban una colección heterogénea de fuentes, que hablaban con voces muy diferentes, y se requería gran ingenio para revisar las diferencias, negociar compromisos y arbitrar disputas. El elemento dominante era sin duda la filosofía aristotélica, pero nunca debemos simplificar las cuestiones hasta el punto de suponer que esta última constituía una unidad sin costuras, exhaustiva en su alcance y sin rival serio. Además, la filosofía aristotélica era una tradición viva, en estado de continuo flujo, en cuanto que los estudiosos se esforzaban por comprender sus implicaciones, corregir sus errores, resolver sus inconsistencias y aplicarla a nuevos problemas. Y, desde luego, los nuevos materiales tenían que hacer las paces con la doctrina cristiana y viceversa. El logro medieval, por tanto, fue

nada menos que la formulación de una síntesis del pensamiento clásico y cristiano, que proporcionaría un marco al pensamiento creativo, incluido el pensamiento creativo sobre la naturaleza, durante varios siglos.[26]

Tercero, esta síntesis consiguió un hogar institucional en las escuelas y universidades medievales. En el mundo antiguo y en el Islam medieval la filosofía natural tenía una existencia precaria precisamente a causa de su fracaso para asegurarse algo más que un apoyo institucional esporádico. En las universidades de la Europa medieval, por el contrario, la tradición clásica de la filosofía natural se convirtió en uno de los elementos centrales del currículum, afrontado (si no dominado) por todo aquel que se embarcaba en los estudios superiores. Ser culto significaba, por definición, estar educado en la tradición filosófica procedente de la antigüedad, incluida la filosofía natural. Puede existir la tentación de considerar el dominio y la institucionalización de una antigua tradición filosófica demasiado carente de originalidad para ser un logro de algún interés, pero verdaderamente fue un paso de importancia decisiva. Si, como sabemos a posteriori, el pensamiento antiguo proporcionó el fundamento sobre el que se construiría la tradición científica occidental, se sigue que la recepción, asimilación e institucionalización del pensamiento antiguo era un prerrequisito para la posterior construcción de este edificio particular.

Cuarto, los filósofos naturales medievales no se contentaron con mezclar la filosofía aristotélica con otras tradiciones intelectuales y supervisar su absorción en el pensamiento medieval. También la sometieron a un minucioso escrutinio y una perspicaz evaluación. El proceso crítico empezó casi tan pronto como la filosofía aristotélica empezó a estar disponible, y continuó a través de la Edad Media tardía y en el periodo moderno inicial. Parte del escrutinio fue obligado o inspirado por el encuentro con la doctrina teológica. Por ejemplo, la condena de 1277 provocó el reexamen de las ideas de lugar y de espacio, y esta revisión llevó a algunos filó-

26. Estas afirmaciones requieren una clarificación en dos sentidos. Primero, la referencia a la síntesis del pensamiento clásico y cristiano no pretende dar a entender que todos los problemas fueron resueltos o que no continuaron aflorando encarnizados enfrentamientos. La síntesis en cuestión fue, como la filosofía aristotélica, una tradición viva. Segundo, aquí no hay ninguna intención de sugerir que el cristianismo fuese un elemento beneficioso (o perjudicial) en la mezcla, o que la síntesis del pensamiento clásico y cristiano fuera mejor (o peor) que cualquier otra síntesis concebible. Simplemente estoy haciendo la afirmación fáctica de que, realmente, los estudiosos medievales elaboraron una síntesis del pensamiento clásico y cristiano y que dentro del marco conceptual resultante la filosofía natural fue productivamente practicada durante varios siglos.

sofos a aceptar la noción radicalmente antiaristotélica de que el universo está (o podía estar) rodeado por un espacio vacío infinito. Y, desde luego, las doctrinas del alma y de la eternidad del mundo de Aristóteles, así como las tendencias deterministas de la filosofía aristotélica, fueron «corregidas» con el estímulo teológico.[27]

Pero buena parte de la evaluación no tuvo raíces teológicas, y surgió más bien de las tensiones internas de la filosofía aristotélica, de su fracaso en explicar el mundo tal como era percibido por los filósofos naturales medievales, o de la necesidad de conceder la debida consideración a las alternativas no aristotélicas. Por ejemplo, la teoría de Aristóteles de la materia, la forma y la sustancia era suficientemente imprecisa, incompleta e incluso autocontradictoria para provocar disputas y críticas.[28] En el siglo XIV, la idea antiaristotélica de que la Tierra podía rotar sobre su eje, ampliamente aceptada como un supuesto imaginario con interesantes implicaciones, fue sometida a un meticuloso e ingenioso análisis por parte de Juan Buridán y Nicolás de Oresme.[29] Este último llevó el análisis tan lejos como podía ir antes de Galileo. Y, como ejemplo final, la Edad Media tardía asistió a una revisión total de la teoría aristotélica del movimiento, incluyendo las nuevas ideas sobre la naturaleza del movimiento y la aplicación de las técnicas cuantitativas a los problemas cinemáticos y dinámicos.[30]

Fueran cuales fueran las fuerzas que había detrás, la evaluación medieval de Aristóteles tuvo implicaciones vitalmente importantes para el curso de la filosofía natural. Después de todo, uno no podía evaluar la filosofía aristotélica sin trabajar a partir de sus implicaciones y sin esforzarse en llenar los vacíos. Y esto fue un preliminar necesario para una crítica seria. En la medida en que surgió la crítica durante la Edad Media, tendió a ir por partes en lugar de ser global, y raramente llevó al repudio de un principio aristotélico básico. En realidad, resultó una crítica suficiente como para mordisquear las esquinas de la filosofía aristotélica, más que un «frenético festín» como el que tendría lugar en los siglos XVI y XVII. Pero su contribución importante fue crear un clima de crítica en el que la doctrina aristotélica fue regular y cuidadosamente sometida a escrutinio, y en el que su destino dependía de su poder explicativo y no de que pu-

27. Véanse los capítulos 10 y 11.
28. Maier, «Theory of Elements», esp. págs. 126-134; capítulo 12.
29. Véase capítulo 11.
30. Véase capítulo 12.

diera poseer determinado estatus de autoridad. Esto preparó el terreno para una crítica de Aristóteles mucho más amplia y más destructiva en el periodo moderno inicial.[31]

Quinto y último, quisiera volver a la cuestión, aludida más arriba, de los desarrollos en las disciplinas concretas. Muchos de los continuistas influyentes han adoptado un enfoque holista de la revolución científica, centrando su atención en las grandes innovaciones metafísicas y metodológicas, basándose en que los desarrollos a este nivel inevitablemente ejercerán una influencia generalizada en la empresa científica en su conjunto. Es decir, son propensos a ver la revolución científica como un ejemplo de cambio global, que derivó su energía de una nueva concepción de la naturaleza o de una nueva concepción del método apropiado de explorar los secretos de la naturaleza (o ambas cosas), y que culminó en cuanto las implicaciones de estas innovaciones se dejaron sentir en las distintas disciplinas. Eso es lo que Koyré tenía en mente cuando afirmó que el hombre «perdió su lugar en el mundo, o, más correctamente quizá, perdió el propio mundo en el que estaba viviendo y sobre el que estaba reflexionando, y tuvo que transformar y reemplazar no sólo sus conceptos y atributos fundamentales, sino también el propio marco de su pensamiento».[32] Sobre esta base, los discontinuistas han estado predispuestos a dejar de lado el cambio en las disciplinas particulares, o a argüir que éstas eran tan sólo manifestaciones específicas de las tendencias más generales. Uno de los que mejor ha articulado la defensa de la discontinuidad, A. R. Hall, ha censurado a Thomas Kuhn y otros por intentar fracturar la revolución científica en una serie de acontecimientos disciplinares, alegando que ésta «no admite ser desintegrada en fragmentos», sino que comprende «una serie continua y entrelazada de nuevos descubrimientos combinados con cambios de ideas, y es totalmente arbitrario fracturarla en capítulos relativos a problemas discretos».[33]

Desde los párrafos iniciales de esta sección, debería estar claro que simpatizo con el punto de vista de Koyré-Hall. Acepto que el cambio en el nivel metafísico y metodológico fue una característica crítica de la revolución científica, que repercutió en la empresa científica en su totalidad. Además, comparto la opinión de Hall de que las disciplinas científi-

31. Edward Grant, «Aristotelianism and Longevity of the Medieval World View».

32. Alexandre Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe*, pág. 4. Véanse Koyré, *Galileo Studies*, págs. 2-3, y *The Astronomical Revolution*, págs. 9-10.

33. Hall, «Historical Singularity», págs. 210-211.

cas en los siglos XVI y XVII a menudo estaban estrechamente ligadas. Sin embargo, me parece un serio error *restringir* la atención al cambio global e *ignorar* el cambio en el nivel disciplinar. Sin duda las disciplinas individuales fueron influidas por las concepciones generales de la naturaleza y por los amplios principios metodológicos, pero apenas debería ser necesario argüir que la fuerza y el carácter de la relación variaba de una disciplina a otra y que las influencias metafísicas y metodológicas interactuaron de modo diferente según las características específicas de las distintas disciplinas. A buen seguro ninguna disciplina fue totalmente autosuficiente, pero tampoco todas las disciplinas estaban sometidas a los mismos modelos de desarrollo.

¿Pero hasta qué punto afecta esta discusión, del cambio global versus el cambio disciplinar, a nuestra evaluación de la contribución científica medieval? La conexión es simple. La decisión de concentrarse en los aspectos globales de la revolución científica, o definir la revolución científica como un acontecimiento global, inclina poderosamente el debate del continuismo en la dirección de la discontinuidad, debido a que centra la atención precisamente en aquellos aspectos del cambio científico en los que la discontinuidad fue más destacada. Pues lo que separó más claramente la filosofía natural de la Edad Media de la del periodo moderno inicial fue la aparición de una nueva concepción de la naturaleza y de nuevas metodologías, capaces de influir en un amplio espectro de las actividades y las creencias científicas, mientras que donde los estudiosos medievales hicieron muchas de sus contribuciones más duraderas fue *dentro* de las distintas materias o disciplinas. La decisión de concentrarse en los aspectos globales de la revolución científica equivale, por ello, a la decisión de buscar las discontinuidades. Actualmente, todas las partes interesadas concederán (en principio) que, en la transición de la ciencia medieval a la moderna, debió haber elementos de continuidad y de discontinuidad. Pero para hallarlos debemos estar dispuestos a buscarlos en sus hábitats usuales.[34]

Si desplazamos nuestra atención a los desarrollos dentro de las disciplinas específicas, creo que puede plantearse un caso convincente en favor de una medida importante de continuidad lingüística, conceptual y teórica entre la Edad Media y el periodo moderno inicial. Las cuestiones

34. Véase David C. Lindberg, «Continuity and Discontinuity in the History of Optics: Kepler and the Medieval Tradition», del que he tomado algunas de estas expresiones.

planteadas por los «nuevos científicos» del siglo XVII frecuentemente eran las proporcionadas por la tradición medieval. Parte del vocabulario de la ciencia del siglo XVII y muchos de los conceptos denotados por el vocabulario eran continuos con el uso medieval. Y, ocasionalmente, hubo teorías medievales que sobrevivieron para ser integradas en la ciencia moderna inicial.

Los ejemplos no son difíciles de encontrar.[35] El análisis cinemático que hizo Galileo de la caída de los cuerpos era, en buena medida, una elaboración y aplicación de los principios cinemáticos desarrollados en Oxford y París en el siglo XIV. El hecho de que Galileo viera la diferencia entre cinemática y dinámica ya revela la influencia de la tradición que procedía de Bradwardine y Oresme. Cuando investigamos la cinemática de Galileo, se hace claro que el marco conceptual en el que estaba trabajando —incluidas las concepciones de espacio, tiempo, velocidad y aceleración— era el de la cinemática medieval. Su enfoque matemático tomó mucho prestado del siglo XIV. Y en la teoría galileana acabada ocupaban un lugar destacado teoremas específicos de origen medieval, incluido el «teorema de la velocidad media» o «regla de Merton». En realidad, las relaciones matemáticas que ahora se consideran la encarnación del logro cinemático de Galileo ($v \propto t$ y $s \propto t^2$) son simples elaboraciones de definiciones y teoremas articulados en el siglo XIV.[36]

35. Puede resultar instructivo el que los dos ejemplos de continuidad que he discutido estén tomados de las «ciencias clásicas» de Kuhn, que él considera el foco principal del cambio revolucionario.

36. La expresión $v \propto t$ surge directamente de la definición medieval del movimiento uniformemente acelerado, como el movimiento en el que se adquieren incrementos iguales de velocidad en unidades iguales de tiempo. Y $s \propto t^2$ se sigue de la simple extensión del teorema medieval que afirma que las distancias atravesadas en la primera y segunda mitades de un movimiento uniformemente acelerado están en la proporción de 1:3 (véase el capítulo 11). Sobre Galileo y la tradición mecánica medieval, véanse Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, págs. 251-253, 409-418, 576-582, 666-671; Clagett, *Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions*, págs. 71-73, 103-106; Edith D. Sylla, «Galileo and the Oxford *Calculatores*»; y Christopher Lewis, *The Merton Tradition and Kinematics in Late Sixteenth and Early Seventeenth Century Italy*, págs. 279-283. La afirmación de que Galileo incorporó términos, conceptos y teorías medievales en su mecánica no queda puesta en duda por las controversias sobre los canales precisos por los que la influencia medieval llegó a Galileo, ni por el alejamiento de la tradición medieval por parte de Galileo. Para un intento de separar a Galileo de la tradición medieval, véase Stillman Drake, «The Uniform Motion Equivalent of a Uniformly Accelerated Motion from Rest». Sobre la búsqueda de los canales de in-

La óptica, especialmente en sus aspectos geométricos, es otra ciencia que muestra un alto grado de continuidad entre la Edad Media y el periodo moderno inicial. Por ejemplo, la teoría de Kepler de la imagen retiniana (la afirmación de que una imagen invertida del campo visual en la parte posterior del ojo es la responsable de la visión) era un brillante logro y una importante innovación en la teoría visual. Pero de ahí no se sigue que la teoría de la imagen retiniana fuera revolucionaria. Fue la respuesta a una vieja pregunta, enteramente elaborada dentro del marco conceptual medieval, obtenida no por el rechazo de alguno de los principios fundamentales de la doctrina, sino por la determinación de tomarse en serio aquellos principios. De modo similar, la solución que halló Kepler del problema clásico de la radiación a través de pequeños orificios (es decir, su explicación del desconcertante hecho de que la radiación solar proyectada a través de una abertura cuadrada o triangular da lugar, en las condiciones adecuadas, a la imagen circular del Sol) no implicó nuevos principios geométricos, sino meramente la más rigurosa aplicación de los axiomas tradicionales de la disciplina.[37]

Podrían darse fácilmente más ejemplos. La astronomía copernicana preservaba los objetivos y principios básicos de la astronomía tal como se había practicado desde Ptolomeo. Las continuidades estaban igualmente presentes en la astrología, la alquimia, la anatomía, la fisiología, la medicina y la historia natural. En cuanto surgió la ciencia moderna en los siglos XVI y XVII, mantuvo una complicada relación con el pasado. Era radicalmente nueva en importantes aspectos de su metafísica y metodología, sin embargo incorporaba innumerables elementos del logro científico medieval, a veces sin cambios, a veces remozados para adecuarse a un nuevo contexto. Para exigir respeto por el logro científico medieval, no necesitamos denigrar o disminuir el de los siglos XVI y XVII. Sólo necesitamos en-

---

fluencia, véase Clagett, *Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions*, págs. 103-106; Sylla, «Galileo and the Oxford *Calculatores*»; Lewis, *Merton Tradition and Kinematics*; William A. Wallace, *Galileo and His Sources: The Heritage of the Collegio Romano in Galileo's Science* y *Prelude to Galileo: Essays on Medieval and Sixteenth-Century Sources of Galileo's Thought*.

37. Sobre estos desarrollos ópticos, véanse David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, esp. cap. 9, y «Laying the Foundations of Geometrical Optics: Maurolico, Kepler, and the Medieval Tradition». También los tres artículos de Lindberg sobre la radiación a través de los orificios: «The Theory of Pinhole Images from Antiquity to the Thirteenth Century»; «A Reconstruction of Roger Bacons's Theory of Pinhole Images»; y «The Theory of Pinhole Images in the Fourteenth Century».

tender que el primero configuró al último y, por ello, forma parte de la ascendencia de la ciencia moderna. Si esperamos entender lo que significa habitar el mundo de la ciencia moderna, no podemos permitirnos ignorar el itinerario que nos llevó a él.

Bibliografía

Aaboe, Asger, «On Babylonian Planetary Theories», *Centaurus*, n.° 5, 1958, págs. 209-277.

Ackrill, J. L., *Aristotle the Philosopher*, Oxford, Clarendon Press, 1981.

Adams, Marilyn McCord, *William Ockham*, 2 vols., Notre Dame, University of Notre Dame Press, 1987.

Alberto Magno, *Man and the Beasts, De animalibus (books 22-26)*, col. «Medieval and Renaissance Texts and Studies», vol. 47, Binghamton, Center for Medieval and Early Renaissance Studies, 1987.

Amundsen, Darrel W., «Medieval Canon Law on Medical and Surgical Practice by the Clergy», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 52, 1978, págs. 22-44.

—, «Medicine and Faith in Early Christianity», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 56, 1982, págs. 326-350.

—, «The Medieval Catholic Tradition», en Ronald L. Numbers y Darrel W. Amundsen (comps.), *Caring and Curing: Health and Medicine in the Western Religious Traditions*, Nueva York, Macmillan, 1986, págs. 65-107.

Amundsen, Darrel W. y Gary B. Ferngren, «The Early Christian Tradition», en Ronald L. Numbers y Darrel W. Amundsen (comps.), *Caring and Curing: Health and Medicine in the Western Religious Traditions*, Nueva York, Macmillan, 1986, págs. 40-64.

Anawati, G. C., «Hunayn ibn Ishāq», *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Coulston Gillispie (dir.), Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 230-234.

Anawati, G. C. y Albert Z. Iskandar, «Ibn Sīnā», *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Coulston Gillispie (dir.), Nueva York, Scribner, 1970-1980, vol. 15, págs. 494-501.

Arquímedes, *The Works of Archimedes: Edited in Modern Notation, with Introductory Chapters*, Thomas L. Heath (comp.), 2ª ed., Cambridge, Cambridge University Press, 1912.

—, *Archimedes in the Middle Ages*, Marshall Clagett (comp.), 5 vols., Madison, University of Wisconsin Press, 1964; Filadelfia, American Philosophical Society, 1976-1984.

Aristóteles, *Metaphysics*, 2 vols., Londres, Heinemann, 1935 (trad. cast.: *Metafísica*, Madrid, Gredos, 2000).

—, *Complete Works*, Jonathan Barnes (comp.), 2 vols., Princeton, Princeton University Press, 1984.

Armstrong, A. H. (comp.), *The Cambridge History of Later Greek and Early Medieval Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970.

Armstrong, A. H. y R. A. Markus, *Christian Faith and Greek Philosophy*, Londres, Darton, Longman & Todd, 1960 (trad. cast.: *Fe cristiana y filosofía griega*, Barcelona, Herder, 1964).

Arnaldez, Roger y Albert Z. Iskandar, «Ibn Rushd», *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Coulston Gillispie (dir.), 1970-1980, vol. 12, págs. 1-9.

Arts libéraux et philosophie au moyen âge: Actes du quatrième congrès international de philosophie médiévale, Université de Montreal, 27 août-2 septembre 1967, Montreal, Institut d'études médievales, 1969.

Ashley, Benedict M., «St. Albert and the Nature of Natural Science», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980, págs. 73-102.

Ashworth, William B. Jr., «Natural History and the Emblematic World View», en David C. Lindberg y Robert S. Westman (comps.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990, págs. 303-332.

Asmis, Elizabeth, *Epicurus' Scientific Method*, Ithaca, Cornell University Press, 1984.

Bailey, Cyril, *The Greek Atomists and Epicurus*, Oxford, Clarendon Press, 1928.

Baldwin, John W., *Masters, Princes and Merchants: The Social View of Peter the Chanter and His Circle*, 2 vols., Princeton, Princeton University Press, 1970.

—, *The Scholastic Culture of the Middle Ages*, Lexington, Mass., D. C. Heath, 1971.

Balme, D. M., «The Place of Biology in Aristotle's Philosophy», en Allan Gotthelf y James G. Lennox (comps.), *Philosophical Issues in Aristotle's Biology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987, págs. 9-20.

Barnes, Jonathan, «Aristotle's Theory of Demonstration», en Jonathan Barnes, Malcolm Schofield y Richard Sorabji (comps.), *Articles on Aristotle*, vol. I, *Science*, Londres, Duckworth, 1975, págs. 65-87.

—, *The Presocratic Philosophers*, 2 vols., Londres, Routledge and Kegan Paul, 1979 (trad. cast.: *Los presocráticos*, Madrid, Cátedra, 1992).

—, *Aristotle*, Oxford, Oxford University Press, 1982 (trad. cast.: *Aristóteles*, Madrid, Cátedra, 1987).

Barnes, Jonathan, Jacques Brunschwig, Myles Burnyeat y Malcolm Schofield (comps.), *Science and Speculation: Studies in Hellenistic Theory and Practice*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982.

Barnes, Jonathan, Malcolm Schofield y Richard Sorabji (comps.), *Articles on Aristotle*, vol. I, *Science*, Londres, Duckworth, 1975.

Barrow, Robin, *Greek and Roman Education*, Londres, Macmillan, 1967.

Basalla, George (comp.), *The Rise of Modern Science: Internal or External Factors?*, Lexington, Mass., D. C. Heath, 1968.

Beaujouan, Guy, «Motives and Opportunities for Science in the Medieval Universities», en A. C. Crombie (comp.), *Scientific Change*, Londres, Heinemann, 1963, págs. 219-236.

—, «The Transformation of the Quadrivium», en Robert L. Benson y Giles Constable (comps.), *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982, págs. 463-487.

Benjamin, Francis, S. y G. J. Toomer (comps.), *Campanus of Novara and Medieval Planetary Theory: «Theorica planetarum»*, Madison, University of Wisconsin Press, 1971.

Benson, Robert L. y Giles Constable (comps.), *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982.

Benton, John, «Trotula, Women's Problems and the Professionalization of Medicine in the Middle Ages», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 59, 1985, págs. 30-53.

Berggren, J. L., «History of Greek Mathematics: A Survey of Recent Research», *Historia Mathematica*, n.° 11, 1984, págs. 394-410.

Biggs, Robert, «Medicine in Ancient Mesopotamia», *History of Science*, n.° 8, 1969, págs. 94-105.

Birkenmajer, Aleksander, «Le rôle joué par les médecins et les naturalistes dans la réception d'Aristote au XXI^e^ et XIII^e^ siècles», en Aleksander Birkenmajer, *Études d'histoire des sciences et de philosophie du moyen âge*, col. «Studia Copernicana», vol. 1, Wrocław, Ossolineum, 1970, págs. 73-87.

Al-Biṭrūjī, *On the Principles of Astronomy*, Bernard R. Goldstein (comp.), 2 vols., New Haven, Yale University Press, 1971.

Blair, Peter Hunter, *The World of Bede*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970.

Boecio de Dacia, *On the Supreme Good, On the Eternity of the World, On Dreams*, col. «Mediaeval Sources in Translation», vol. 30, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1987.

Bonner, Stanley F., *Education in Ancient Rome: From the Elder Cato to the Younger Pliny*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1977 (trad. cast.: *La educación en la Roma antigua*, Barcelona, Herder, 1984).

Boyer, Carl B., *The Rainbow: From Myth to Mathematics*, Nueva York, Yoseloff, 1959.

—, *A History of Mathematics*, Nueva York, John Wiley, 1968 (trad. cast.: *Historia de la matemática*, Madrid, Alianza, 1999).

Brain, Peter, *Galen on Bloodletting: A Study of the Origins, Development and Validity of His Opinions, with a Translation of the Three Works*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.

Brandon, S. G. F., *Creation Legends of the Ancient Near East*, Londres, Hodder and Stoughton, 1963.

Breasted, James Henry, *Development of Religion and Thought in Ancient Egypt*, Nueva York, Scribner's, 1912.

—, *The Edwin Smith Surgical Papyrus*, 2 vols., col. «Oriental Institute Publications», n.os 3-4, Chicago, University of Chicago Press, 1930.

Brehaut, Ernest, *An Encyclopedist of the Dark Ages: Isidore of Seville*, Nueva York, Columbia University, 1912.

Brown, Peter, *Augustine of Hippo: A Biography*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1969 (trad. cast.: *Biografía de Agustín de Hipona*, Madrid, Revista de Occidente, 1970).

—, *The Cult of Saints: Its Rise and Function in Latin Christianity*, Chicago, University of Chicago Press, 1981.

Bullough, Vern L., *The Development of Medicine as a Profession: The Contribution of the Medieval University to Modern Medicine*, Basilea, Karger, 1966.

—, «Chauliac, Guy de», en *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Coulston Gillispie (dir.), Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 3, págs. 218-219.

—, «Mondino de' Luzzi», *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Coulston Gillispie (dir.), Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 9, págs. 467-469.

Burckhardt, Jacob, *The Civilization of the Renaissance in Italy*, Nueva York, Modern Library, 1954 (trad. cast.: *La cultura del Renacimiento en Italia*, Tres Cantos, Akal, 1992).

Burnett, Charles S. F., «What is the *Experimentarius* of Bernardus Silvestris? A Preliminary Survey of the Material», *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge*, n.° 44, 1977, págs. 79-125.

— (comp.), *Adelard of Bath: An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century*, col. «Warburg Institute Surveys and Texts», vol. 14, Londres, Warburg Institute, 1987.

—, «Scientific Speculations», en Peter Dronke (comp.), *A History of Twelfth-Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, págs. 155-166.

—, «Translation and Translators, Western European», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 12, págs. 136-142.

Bynum, Caroline Walker, «Did the Twelfth Century Discover the Individual?», *Journal of Ecclesiastical History*, n.° 31, 1980, págs. 1-17.

Cadden, Joan, «Albertus Magnus' Universal Physiology: the Example of Nutrition», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences:*

Commemorative Essays 1980, págs. 321-329, Toronto, Pontifical Institute of Medieval Studies, 1980.
Callus, D. A., «Introduction of Aristotelian Learning to Oxford», *Proceedings of the British Academy*, n.° 29, 1943, págs. 229-281.
— (comp.), *Robert Grosseteste, Scholar and Bishop: Essays in Commemoration of the Seventh Centenary of His Death*, Oxford, Clarendon Press, 1955.
Cameron, M. L., «The Sources of Medical Knowledge in Anglo-Saxon England», *Anglo-Saxon England*, n.° 11, 1983, págs. 135-152.
Caroti, Stefano, «Nicole Oresme's Polemic against Astrology in His "Quodlibeta"», en Patrick Curry (comp.), *Astrology, Science and Society: Historical Essays*, Woodbridge, Suffolk, Boydell, 1987, págs. 75-93.
Carré, Meyrick H., *Realists and Nominalists*, Oxford, Clarendon Press, 1946.
Catto, J. I. (comp.), *The Early Oxford Schools*, vol. 1 de *The History of the University of Oxford*, T. H. Aston (dir.), Oxford, Clarendon Press, 1984.
Celso, Aulo Cornelio, *De medicina, with an English Translation*, 3 vols., Londres, Heinemann, 1935-1938 (trad. cast.: *Los ocho libros de la medicina*, Barcelona, Iberia, 1966).
Chadwick, Henry, *Early Christian Thought and the Classical Tradition: Studies in Justin, Clement and Origen*, Nueva York, Oxford University Press, 1966.
—, *The Early Church*, Harmondsworth, Penguin, 1967.
Chenu, M. D., *Nature, Man and Society in the Twelfth Century: Essays on New Theological Perspectives in the Latin West*, Chicago, University of Chicago Press, 1968, publicado originalmente como *La théologie au douzième siècle*, París, J. Vrin, 1957.
—, *Toward Understanding St. Thomas*, A. M. Landry y D. Hughes (comps.), Chicago, Henry Regnery, 1964.
Cherniss, Harold, *The Riddle of the Early Academy*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1945.
Clagett, Marshall, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics*, Nueva York, Columbia University Press, 1941.
—, (comp.), *Critical Problems in the History of Science*, Madison, University of Wisconsin Press, 1962.
—, «The *Liber de motu* of Gerard of Brussels and the Origins of Kinematics in the West», *Osiris*, 1ª serie, n.° 12, 1956, págs. 73-175.
—, *Greek Science in Antiquity*, Londres, Abelard-Schuman, 1957.
—, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, University of Wisconsin Press, 1959.
— (comp.), *Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions*, Madison, University of Wisconsin Press, 1968.
—, «Some Novel Trends in the Science of Fourteenth Century», en Charles S. Singleton (comp.), *Art, Science and History in the Renaissance*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1968, págs. 275-303.
—, *Studies in Medieval Physics and Mathematics*, Londres, Variorum, 1979.

—, *Ancient Egyptian Science: A Source Book*, vol. 1, Filadelfia, American Philosophical Society, 1989.
Clark, Willene B. y Meradith T. McMunn (comps.), *Beasts and Birds of the Middle Ages*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 1989.
Clarke, M. L., *Higher Education in the Ancient World*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1971.
Cobban, Alan B., *The Medieval Universities: Their Development and Organization*, Londres, Methuen, 1975.
—, *The Medieval English Universities: Oxford and Cambridge to c. 1500*, Aldershot, Scolar Press, 1988.
Cochrane, Charles N., *Christianity and Classical Culture: A Study of Thought and Action from Augustus to Augustine*, Oxford, Clarendon Press, 1940 (trad. cast.: *Cristianismo y cultura clásica*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1983).
Cohen, Morris R. e I. E. Drabkin (comps.), *A Source Book in Greek Science*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1958.
Colish, Marcia L., *The Stoic Tradition from Antiquity to the Early Middle Ages*, 2 vols., Leiden, Brill, 1985.
Collingwood, R. G., *The Idea of Nature*, Oxford, Clarendon Press, 1945.
Contreni, John J., *The Cathedral School of Laon from 850 to 930: Its Manuscripts and Masters*, Münchener Beiträge zur Mediävistik und Renaissance-Forschung, vol. 29, Munich, Arbeo-Gesellschaft, 1978.
—, «Schools, Cathedral», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 11, págs. 59-63.
Coopland, G. W., *Nicole Oresme and the Astrologers: A Study of His Livre de divinacions*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1952.
Copenhaver, Brian P., «Natural Magic, Hermetism and Occultism in Early Modern Science», en David C. Lindberg y Robert S. Westman (comps.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990, págs. 261-301.
Courtenay, William J., «The Critique on Natural Causality in the Mutakallimun and Nominalism», *Harvard Theological Review*, n.° 66, 1973, págs. 77-94.
—, *Covenant and Causality in Medieval Thought*, Londres, Variorum, 1984.
—, «Nature and the Natural in Twelfth-Century Thought», en William J. Courtenay, *Covenant and Causality in Medieval Thought*, cap. 3, Londres, Variorum, 1984.
—, «The Dialectic of Divine Omnipotence», en William J. Courtenay, *Covenant and Causality in Medieval Thought*, cap. 4, Londres, Variorum, 1984.
—, *Schools and Scholars in Fourteenth-Century England*, Princeton, Princeton University Press, 1987.
—, *Teaching Careers at the University of Paris in the Thirteenth and Fourteenth Centuries*, col. «Texts and Studies in the History of Mediaeval Education»,

vol. 18, Notre Dame, University of Notre Dame, United States Subcommission for the History of Universities, 1988.
—, «Ockham, William of», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 9, págs. 209-214.
—, *Capacity and Volition: A History of the Distinction of Absolute and Ordained Power*, Quodlibet, Ricerche e strumenti di filosofia medievale, n.° 8, Bergamo, Pierluigi Lubrina, 1990.
Courtenay, William J. y Katherine H. Tachau, «Ockham, Ockhamists and the English-German Nation at Paris, 1339-1341», *History of Universities*, n.° 2, 1982, págs. 53-96.
Crombie, A. C., *Augustine to Galileo: The History of Science A.D. 400-1650*, Londres, Falcon, 1952, reeditado como *Medieval and Early Modern Science*, 2 vols., Garden City, Doubleday Anchor, 1959 (trad. cast.: *Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo*, Madrid, Alianza, 1987).
—, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*, Oxford, Clarendon Press, 1953.
—, *Science, Optics and Music in Medieval and Early Modern Thought*, Londres, Hambledon, 1990.
Crosby, H. Lamar, Jr., *Thomas of Bradwardine, His «Tractatus de Proportionibus»: Its Significance for the Development of Mathematical Physics*, Madison, University of Wisconsin Press, 1961.
Crowe, Michael J., *Theories of the World from Antiquity to the Copernican Revolution*, Nueva York, Dover, 1990.
Crowley, Theodore, *Roger Bacon: The Problem of the Soul in His Philosophical Commentaries*, Dublín, James Duffy/Lovaina, Institut Supérieur de Philosophie, 1950.
Cumont, Franz, *Astrology and Religion among the Greeks and Romans*, Nueva York, Putnam's Sons, 1912 (trad. cast.: *Astrología y religión en el mundo grecorromano*, Barcelona, Edicomunicación, 1989).
Curley, Michael J., *Physiologus*, Austin, University of Texas Press, 1979.
Curry, Patrick (comp.), *Astrology, Science and Society: Historical Essays*, Woodbridge, Suffolk, Boydell, 1987.
Dales, Richard C., «Marius "On the Elements" and the Twelfth-Century Science of Matter», *Viator*, n.° 3, 1972, págs. 191-218.
—, *The Intellectual Life of Western Europe in the Middle Ages*, Washington, D. C., University Press of America, 1980.
—, «Time and Eternity in the Thirteenth Century», *Journal of the History of Ideas*, n.° 49, 1988, págs. 27-45.
—, *Medieval Discussions of the Eternity of the World*, Leiden, Brill, 1990.
D'Alverny, Marie-Thérèse, «Translations and Translators», en Robert L. Benson y Giles Constable (comps.), *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982, págs. 421-462.

De Lacy, Phillip, «Galen's Platonism», *American Journal of Philology*, n.º 93, 1972, págs. 27-39.

De Santillana, Giorgio, *The Origins of Scientific Thought: From Anaximander to Proclus, 600 B.C. to A.D. 500*, Chicago, University of Chicago Press, 1961.

De Vaux, Carra, «Astronomy and Mathematics», en Thomas Arnold y Alfred Guillaume (comps.), *The Legacy of Islam*, págs. 376-397, Londres, Oxford University Press, 1931.

Dear, Peter, «Jesuit Mathematical Science and the Reconstitution of Experience in the Early 17th Century», *Studies in History and Philosophy of Science*, n.º 18, 1987, págs. 133-175.

Debus, Allen G., *The Chemical Philosophy: Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, 2 vols., Nueva York, Science History Publications, 1977.

—, *Man and Nature in the Renaissance*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978.

Demaitre, Luke E., *Doctor Bernard de Gordon: Professor and Practitioner*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980.

Demaitre, Luke E. y Anthony A. Travill, «Human Embriology and Development in the Works of Albertus Magnus», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus an the Sciences Commemorative Essays 1980*, Toronto, Pontificial Institute of Mediaeval Studies, 1980, págs. 405-440.

Dicks, D. R., *Early Greek Astronomy to Aristotle*, Ithaca, Cornell University Press, 1970.

—, «Eratosthenes», *Dictionary of Scientific Biography*, 16 vols., Nueva York, Scribner's, 1970-1980.

Dictionary of Scientific Biography, Charles Coulston Gillispie (dir.), 16 vols., Nueva York, Scribner's, 1970-1980.

Dijksterhuis, E. J., *Archimedes*, Copenhague, Munksgaard, 1956.

—, *The Mecanization of the World Picture*, Oxford, Clarendon Press, 1961.

Dióegenes Laercio, *Lives of Eminent Philosophers*, 2 vols., Londres, Heinemann, 1925 (trad. cast.: *Vidas, opiniones y sentencias de los filósofos más ilustres*, 2 vols., Barcelona, Teorema, 1985).

Dodge, Bayard, *Muslim Education in Medieval Times*, Washington, D. C., Middle East Institute, 1962.

Dols, Michael W., *Medieval Islamic Medicine: Ibn Ridwān's Treatise «On the Prevention of Bodily Ills in Egypt»*, con un texto árabe a cargo de Adil S. Gamal, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1984.

—, «The Origins of the Islamic Hospital: Myth and Reality», *Bulletin of the History of Medicine*, n.º 61, 1987, págs. 367-390.

Dorff, Elliot N., «The Jewish Tradition», en Ronald L. Numbers y Darrel W. Amundsen (comps.), *Caring and Curing: Health and Medicine in the Western Religious Traditions*, Nueva York, Macmillan, 1986, págs. 5-39.

Drake, Stillman, «The Uniform Motion Equivalent of a Uniformly Accelerated Motion from Rest», *Isis*, n.º 63, 1972, págs. 28-38.

Dreyer, J. L. E., *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*, Cambridge, Cambridge University Press, 1906, reeditado como *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, W. H. Stahl (comp.), Nueva York, Dover, 1953.

Dronke, Peter (comp.), *A History of Twelfth Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

—, «Thierry of Chartres», en Peter Dronke (comp.), *A History of Twelfth Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, págs. 358-385.

Duhem, Pierre, *Les origines de la statique*, 2 vols., París, Hermann, 1905-1906.

—, *To Save the Phenomena: An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo*, Chicago, University of Chicago Press, 1969, publicado originalmente en francés en 1908.

— (comp.), *Un fragment inédit de l'Opus tertium de Roger Bacon, précédé d'une étude sur ce fragment*, Quaracchi, Collegium S. Bonaventurae, 1909.

—, *Études sur Léonard de Vinci*, 3 vols., París, Hermann, 1906-1913.

—, *Le système du monde*, 10 vols., París, Hermann, 1913-1959.

—, *Medieval Cosmology: Theories of Infinity, Place, Time, Void, and the Plurality of Worlds*, Roger Ariew (comp.), Chicago, University of Chicago Press, 1985.

Düring, Ingemar, «The Impact of Aristotle's Scientific Ideas in the Middle Ages», *Archiv für Geschichte der Philosophie*, n.º 50, 1968, págs. 115-133.

Easton, Stewart C., *Roger Bacon and His Search for a Universal Science*, Oxford, Basil Blackwell, 1952.

Eastwood, Bruce S., «Kepler as Historian of Science: Precursors of Copernican Heliocentrism according to *De revolutionibus*, I, 10», *Proceedings of the American Philosophical Society*, n.º 126, 1982, págs. 367-394.

—, «Plinian Astronomy in the Middle Ages and Renaissance», en Roger French y Frank Greenaway (comps.), *Science in the Early Roman Empire: Pliny the Elder, His Sources and Influence*, Totawa, Barnes & Noble, 1986, cap. 11.

—, «Plinian Astronomical Diagrams in the Early Middle Ages», en Edward Grant y John E. Murdoch (comps.), *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages: Essays in Honor of Marshall Clagett*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987, págs. 141-172.

—, *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes*, Londres, Variorum, 1989.

—, «On the Continuity of Western Science from the Middle Ages», *Isis*, en preparación.

Ebbell, B., *The Papyrus Ebers, the Greatest Egyptian Medical Document*, Copenhague, Munksgaard, 1939.

Edel, Abraham, *Aristotle and His Philosophy*, Chapel Hill, University of North Carolina Press, 1982.

Edelstein, Emma J. y Ludwig Edelstein, *Asclepius: A Collection and Interpretation of the Testimonies*, 2 vols., Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1945.

Edelstein, Ludwig, «Greek Medicine and Its Relation to Religion and Magic», *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, n.° 5, 1937, págs. 201-246.

—, «The Relation of Ancient Philosophy to Medicine», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 26, 1952, págs. 299-316.

—, «The Distinctive Hellenism of Greek Medicine», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 40, 1966, págs. 197-255.

—, *Ancient Medicine: Selected Papers of Ludwig Edelstein*, Owsei Temkin y C. Lilian Temkin (comps.), Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1967.

—, «Empiricism and Skepticism in the Teaching of the Greek Empiricist School», en Ludwig Edelstein, *Ancient Medicine: Selected Papers of Ludwig Edelstein*, Owsei Temkin y C. Lilian Temkin (comps.), Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1967, págs. 195-203.

—, «The Methodists», en Ludwig Edelstein, *Ancient Medicine: Selected Papers of Ludwig Edelstein*, edición a cargo de Owsei Temkin y C. Lilian Temkin, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1967, págs. 173-191.

Elford, Dorothy, «William of Conches», en Peter Dronke (comp.), *A History of Twelfth-Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, págs. 308-327.

Emerton, Norma E., *The Scientific Reinterpretation of Form*, Ithaca, Cornell University Press, 1984.

Epp, Ronald H. (comp.), *Recovering the Stoics*, suplemento de *The Southern Journal of Philosophy*, vol. 23, Memphis, Memphis State University, Department of Philosophy, 1985.

Euclides, *The Elements*, 3 vols., Cambridge, Cambridge University Press, 1908 (trad. cast.: *Elementos*, 3 vols., Madrid, Gredos, 1994-2000).

Evans, Gillian R., «The Influence of Quadrivium Studies in the Eleventh-and Twelfth-Century Schools», *Journal of Medieval History*, n.° 1, 1975, págs. 151-164.

—, *Anselm and a New Generation*, Oxford, Clarendon Press, 1980.

—, *Old Arts and New Theology: The Beginnings of Theology as an Academic Discipline*, Oxford, Clarendon Press, 1980.

—, *The Thought of Gregory the Great*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.

Fakhry, Majid, *A History of Islamic Philosophy*, Nueva York, Columbia University Press, 1970.

Farrington, Benjamin, *Greek Science*, ed. rev., Harmondsworth, Penguin, 1961 (trad. cast.: *Ciencia griega*, Barcelona, Icaria, 1986).

Feingold, Mordechai, *The Mathematicians' Apprenticeship: Science, Universities and Society in England, 1560-1640*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984.

Ferguson, Wallace K., *The Renaissance in Historical Thought*, Boston, Houghton Mifflin, 1948.

Ferruolo, Stephen C., *The Origins of the University: The Schools of Paris and Their Critics, 1100-1215*, Stanford, Stanford University Press, 1985.

Fichtenau, Heinrich, *The Carolingian Empire*, Oxford, Basil Blackwell, 1957.

Filópono, Juan, *Against Aristotle on the Eternity of the World*, Ithaca, Cornell University Press, 1987.

Filosofia della natura nel medioevo, La: Atti del Terzo Congreso Internazionali di Filosofia Medioevale, 31 de agosto - 5 de septiembre de 1964, Milán, Vita e Pensiero, 1966.

Finley, M. I., *The World of Odysseus*, ed. rev., Nueva York, Viking Press, 1965 (trad. cast.: *El mundo de Odiseo*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1980).

Finucane, Ronald C., *Miracles and Pilgrims: Popular Beliefs in Medieval England*, Totowa, Rowman and Littlefield, 1977.

Flint, Valerie I. J., *The Rise of Magic in Early Medieval Europe*, Princeton, Princeton University Press, 1991.

Fontaine, Jacques, *Isidore de Séville et la culture classique dans l'Espagne visigothique*, 2ª ed., 3 vols., París, Études Augustiniennes, 1983.

Frankfort, H., H. A. Frankfort, John A. Wilson y Thorkild Jacobsen, *Before Philosophy: The Intellectual Adventure of Ancient Man*, Baltimore, Penguin, 1951 (trad. cast.: *El pensamiento prefilosófico*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1980).

Fraser, P. M., *Ptolemaic Alexandria*, 3 vols., Oxford, Clarendon Press, 1972.

Frede, Michael, «The Method of the So-Called Methodological School of Medicine», en Jonathan Barnes, Jacques Brunschwig, Myles Burnyeat y Malcolm Schofield (comps.), *Science and Speculation: Studies in Hellenistic Theory and Practice*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, págs. 1-23.

French, Roger y Frank Greenaway (comps.), *Science in the Early Roman Empire: Pliny the Elder, His Sources and Influence*, Totawa, Barnes & Noble, 1986.

Frend, W. H. C., *The Rise of the Monophysite Movement: Chapters in the History of the Church in the Fifth and Sixth Centuries*, Cambridge, Cambridge University Press, 1972.

Funkenstein, Amos, *Theology and the Scientific Imagination from the Middle Ages to the Seventeenth Century*, Princeton, Princeton University Press, 1986.

Furley, David, *Two Studies in the Greek Atomists*, Princeton, Princeton University Press, 1967.

—, *The Greek Cosmologists*, vol. 1, *The Formation of the Atomic Theory and Its Earliest Critics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.

—, *Cosmic Problems: Essays on Greek and Roman Philosophy of Nature*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.

Gabriel, Astrik L., «Universities», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 12, págs. 282-300.

Galeno, *On the Natural Faculties*, Londres, Heinemann, 1963 (trad. cast.: *Sobre las facultades naturales*, Madrid, Ediciones Clásicas, 1997).
—, *On the Usefulness of the Parts of the Body*, Margaret T. May (comp.), 2 vols., Ithaca, Cornell University Press, 1968.
—, *On Respiration and the Arteries*, David J. Furley y J. S. Wilkie (comps.), Princeton, Princeton University Press, 1984.
—, *Three Treatises on the Nature of Science*, Richard Walzer y Michael Frede (comps.), Indianapolis, Hackett, 1985.
García Ballester, Luis, «Galen as a Medical Practitioner: Problems in Diagnosis», en Vivian Nutton (comp.), *Galen: Problems and Prospects*, págs. 13-46, Londres, Wellcome Institute for the History of Medicine, 1981.
García Ballester, Luis, Lola Fere y Edward Feliu, «Jewish Appreciation of Fourteenth-Century Scholastic Medicine», *Osiris*, nueva serie, n.° 6, 1990, págs. 85-117.
Gascoigne, John, «A Reappraisal of the Role of the Universities in the Scientific Revolution», en David C. Lindberg y Robert S. Westman (comps.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990, págs. 207-260.
Gersch, Stephen, *Middle Platonism and Neoplatonism: The Latin Tradition*, 2 vols., Notre Dame, University of Notre Dame Press, 1986.
Getz, Faye M., «Charity, Translation, and the Language of Medical Learning in Medieval England», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 64, 1990, págs. 1-17.
—, «The Faculty of Medicine before 1500», en J. I. Catto y Ralph Evans (comps.), *The History of the University of Oxford*, Oxford, Clarendon Press, 1992, vol. 2, págs. 373-405.
—, *Healing and Society in Medieval England: A Middle English Translation of the Pharmaceutical Writings of Gilbertus Anglicus*, Madison, University of Wisconsin Press, 1991.
—, «Western Medieval Medicine», *Trends in History*, vol. 4, n.° 2-3, 1998, págs. 37-54.
Ghalioungui, Paul, *The House of Life, Per Ankh: Magic and Medical Science in Ancient Egypt*, 2ª ed., Amsterdam, B. M. Israel, 1973.
—, *The Physicians of Pharaonic Egypt*, El Cairo, Al-Ahram Center for Scientific Translations, 1983.
Gillings, R. J., «The Mathematics of Ancient Egypt», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 681-705.
Gilson, Etienne, *The Christian Philosophy of St. Thomas Aquinas*, Nueva York, Random House, 1956.
Gimpel, Jean, *The Medieval Machine: The Industrial Revolution of the Middle Ages*, Nueva York, Holt, Rinehart and Winston, 1976 (trad. cast.: *La revolución industrial en la Edad Media*, Madrid, Taurus, 1982).
Gingerich, Owen, «Islamic Astronomy», *Scientific American*, vol. 254, n.° 4, abril de 1986, págs. 74-83.

Goldstein, Bernard R., «The Arabic Version of Ptolemy's "Planetary Hypotheses"», *Transactions of the American Philosophical Society*, Filadelfia, American Philosophical Society, 1967, vol. 57, parte 4.
—, *Theory and Observation in Ancient and Medieval Astronomy*, Londres, Variorum, 1985.
Goldstein, Bernard R. y Alan C. Bowen, «A New View of Early Greek Astronomy», *Isis*, vol. 74, 1983, págs. 330-340.
Goldstein, Bernard R. y Noel Swerdlow, «Planetary Distances and Sizes in an Anonymous Arabic Treatise Preserved in Bodleian MS Marsh 621», *Centaurus*, n.° 15, 1970, págs. 135-170.
Goody, Jack, *The Domestication of the Savage Mind*, Cambridge, Cambridge University Press, 1977 (trad. cast.: *La domesticación del pensamiento salvaje*, Tres Cantos, Akal, 1985).
Goody, Jack e Ian Watt, «The Consequences of Literacy», *Comparative Studies in Society and History*, n.° 5, 1962-1963, págs. 304-345.
Gottfried, Robert S., *Doctors and Medicine in Medieval England 1340-1530*, Princeton, Princeton University Press, 1986.
Gotthelf, Allan y James G. Lennox (comps.), *Philosophical Issues in Aristotle's Biology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
Gottschalk, H. B., «Strato of Lampsacus», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 13, págs. 91-95.
Grant, Edward, «Late Medieval Thought, Copernicus, and the Scientific Revolution», *Journal of the History of Ideas*, n.° 23, 1962, págs. 197-220.
—, *Physical Science in the Middle Ages*, Nueva York, Wiley, 1971 (trad. cast.: *La ciencia física en la Edad Media*, México, Fondo de Cultura Económica, 1983).
—, (comp.), *A Source Book in Medieval Science*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1974.
—, «Aristotelianism and the Longevity of the Medieval World View», *History of Science*, n.° 16, 1978, págs. 93-106.
—, «Cosmology», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 265-302.
—, «The Condemnation of 1277, God's Absolute Power, and Physical Thought in the Late Middle Ages», *Viator*, n.° 10, 1979, págs. 211-244.
—, «The Medieval Doctrine of Place: Some Fundamental Problems and Solutions», en A. Maierù y A. Paravicini Bagliani (comps.), *Studi sul XIV secolo in memoria di Anneliese Maier*, col. «Storia e Letteratura, Raccolta di studi e testi», vol. 151, Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1981, págs. 57-79.
— (comp.), *Nicole Oresme and the Kinematics of Circular Motion: Tractatus de commensurabilitate vel incommensurabilitate motuum celi*, Madison, University of Wisconsin Press, 1971.
—, *Much Ado about Nothing: Theories of Space and Vacuum from the Middle Ages to the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.

—, *Studies in Medieval Science and Natural Philosophy*, Londres, Variorum, 1981.
—, «Celestial Matter: A Medieval and Galilean Cosmological Problem», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, n.° 13, 1983, págs. 157-186.
—, «Science and the Medieval University», en James M. Kittelson y Pamela J. Transue (comps.), *Rebirth, Reform and Resilience: Universities in Transition 1300-1700*, Columbus, Ohio State University Press, 1984.
—, «Science and Theology in the Middle Ages», en David C. Lindberg y Ronald L. Numbers (comps.), *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1986.
—, «Celestial Orbs in the Latin Middle Ages», *Isis*, n.° 78, 1987, págs. 153-173.
—, «Medieval and Renaissance Scholastic Conceptions of the Influence of the Celestial Region on the Terrestrial», *The Journal of Medieval and Renaissance Studies*, n.° 17, 1987, págs. 1-23.
—, *The Medieval Cosmos 1200-1687*, en preparación.
Grant, Edward y John E. Murdoch (comps.), *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages: Essays in Honor of Marshall Clagett*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
Grant, Robert M., *Miracle and Natural Law in Graeco-Roman and Early Christian Thought*, Amsterdam, North-Holland, 1952.
Grayeff, Felix, *Aristotle and His School*, Londres, Duckworth, 1974.
Green, Monica H., «Women's Medical Practice and Medical Care in Medieval Europe», *Signs*, n.° 14, 1989, págs. 434-473.
Gregory, Tullio, *Anima mundi: La filosofia di Guglielmo di Conches e la scuola di Chartres*, Florencia, G. C. Sansoni, 1955.
—, «La nouvelle idée de nature et de savoir scientifique au XXIe siècle», en John E. Murdoch y Edith D. Sylla (comps.), *The Cultural Context of Medieval Learning*, col. «Boston Studies in the Philosophy of Science», vol. 27, Dordrecht, Reidel, 1975, págs. 193-212.
—, «The Platonic Inheritance», en Peter Dronke (comp.), *A History of Twelfth-Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, págs. 54-80.
Grendler, Paul F., *Schooling in Renaissance Italy: Literacy and Learning, 1300-1600*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1989.
Grene, Marjorie, *A Portrait of Aristotle*, Chicago, University of Chicago Press, 1963.
Griffin, Jasper, *Homer*, Oxford, Oxford University Press, 1980 (trad. cast.: *Homero*, Madrid, Alianza, 1996).
Hackett, M. B., «The University as a Corporate Body», en J. I. Catto (comp.), *The Early Oxford Schools*, vol. 1 de *The History of the University of Oxford*, dirigida por T. H. Aston, Oxford, Clarendon Press, 1984, págs. 37-95.

Hadot, Ilsetraut (comp.), *Simplicius: sa vie, son oeuvre, sa survie*. Actes du Colloque international de Paris, 28 Sept. - 1 Oct. 1985, Berlín y Londres, Walter de Gruyter, 1987.

Hahm, David E., *The Origins of Stoic Cosmology*, Columbus, Ohio State University Press, 1977.

Hall, A. Rupert, *The Scientific Revolution 1500-1800*, Londres, Longmans, Green, 1954.

—, «Merton Revisited or Science and Society in the Seventeenth Century», *History of Science*, n.° 2, 1963, págs. 1-16.

—, «On the Historical Singularity of the Scientific Revolution of the Seventeenth Century», en J. H. Elliott y H. G. Koenigsberger (comps.), *The Diversity of History: Essays in Honour of Sir Herbert Butterfield*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1970.

—, *The Revolution in Science 1500-1750*, Londres, Longman, 1983 (trad. cast.: *La revolución científica: 1500-1750*, Barcelona, Crítica, 1985).

Halleux, Robert, *Les textes alchimiques*, col. «Typologie des sources du moyen âge occidental», vol. 32, Turnhout, Brepols, 1979.

—, «Alchemy», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 1, págs. 134-140.

Hamilton, Edith, *Mythology*, Boston, Little, Brown, 1942 (trad. cast.: *La mitología*, Barcelona, Daimon, 1984).

Hansen, Bert, *Nicole Oresme and the Marvels of Nature: A Study of his «De causis mirabilium» with Critical Edition, Translation and Commentary*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1985.

Hare, R. M., *Plato*, Oxford, Oxford University Press, 1982 (trad. cast.: *Platón*, Madrid, Alianza, 1991).

Hargreave, David, «Reconstructing the Planetary Motions of the Eudoxean System», *Scripta Mathematica*, n.° 28, 1970, págs. 335-345.

Häring, Nikolaus, «The Creation and Creator of the World acording to Thierry of Chartres and Clarenbaldus of Arras», *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge*, n.° 22, 1955, págs. 137-216.

—, «Chartres and Paris Revisited», en J. Reginald O'Donnell (comp.), *Essays in Honour of Anton Charles Pegis*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1974, págs. 268-329.

Harley, J. B. y David Woodward (comps.), *The History of Cartography*, vol. 1, *Cartography in Prehistoric, Ancient and Medieval Europe and the Mediterranean*, Chicago, University of Chicago Press, 1987.

Harris, John R., «Medicine», en John R. Harris (comp.), *The Legacy of Egypt*, 2ª ed., Oxford, Clarendon Press, 1971, págs. 112-137.

Hartner, Willy, «Al-Battānī», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 1, págs. 507-516.

Haskins, Charles Homer, «The *De arte venandi cum avibus* of Frederick II», *English Historical Review*, n.° 36, 1921, págs. 334-355, reimpreso en Charles

Homer Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1924, págs. 299-326.
—, «Science at the Court of the Emperor Frederick II», *American Historical Review*, n.° 27, 1922, págs. 669-694, reimpreso en Charles Homer Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1924, págs. 299-326.
—, *The Rise of Universities*, Providence, Brown University Press, 1923.
—, *Studies in the History of Mediaeval Science*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1924.
—, *The Renaissance of the Twelfth Century*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1927.
Heath, Thomas L., *Aristarchus of Samos, The Ancient Copernicus: A History of Greek Astronomy to Aristarchus*, Oxford, Clarendon Press, 1913.
—, *A History of Greek Mathematics*, 2 vols., Oxford, Clarendon Press, 1921.
Helton, Tinsley (comp.), *The Renaissance: A Reconsideration of the Theories and Interpretations of the Age*, Madison, University of Wisconsin Press, 1961.
Hesíodo, *The Poems of Hesiod*, Norman, University of Oklahoma Press, 1983 (trad. cast.: *Poemas hesiódicos*, Tres Cantos, Akal, 1989).
—, *Theogony and Works and Days*, con introducción y notas a cargo de M. L. West, Oxford, Oxford University Press, 1988 (trad. cast.: *Teogonía; Trabajos y días*, Madrid, Alianza, 2000).
Hildebrandt, M. M., *The External School in Carolingian Society*, Leiden, Brill, 1991.
Hillgarth, J. N., «Isidore of Seville, St.», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 6, págs. 563-566.
Hippocrates, with an English Translation, 6 vols., Londres, Heinemann, 1923-1988.
Hissette, Roland, *Enquête sur les 219 articles condamnés à Paris le 7 mars 1277*, col. «Philosophes médiévaux», vol. 22, Lovaina, Publications universitaires, 1977.
Hitti, Philip K., *History of the Arabs from the Earliest Times to the Present*, 7ª ed., Londres, Macmillan, 1961.
Holmyard, E. J., *Alchemy*, Harmondsworth, Penguin, 1957 (trad. cast.: *La prodigiosa historia de la alquimia*, Madrid, Guadiana de Publicaciones, 1970).
Hopkins, Jasper, *A Companion to the Study of St. Anselm*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1972.
Hoskin, Michael y A. G. Molland, «Swineshead on Falling Bodies: An Example of Fourteenth-Century Physics», *British Journal for the History of Science*, n.° 3, 1966, págs. 150-182.
Hugo de San Víctor, *The Didascalicon of Hugh of St. Victor: A Medieval Guide to the Arts*, Jerome Taylor (comp.), Nueva York, Columbia University Press, 1961.

Hyman, Arthur, «Aristotle's "First Matter" and Avicenna's and Averroes' "Corporeal Form"», en *Harry Austryn Wolfson Jubilee Volume*, Jerusalén, American Academy for Jewish Research, 1965, págs. 385-406.

Imbault-Huart, Marie-José, *La médecine au moyen âge à travers les manuscrits de la Bibliothèque Nationale*, París, Porte Verte, 1983.

Iskandar, Albert Z., «Hunayn the Translator; Hunayn the Physician», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 234-239.

Jackson, Ralph, *Doctors and Diseases in the Roman Empire*, Norman, Oklahoma, University of Oklahoma Press, 1988.

Jacob, Margaret C., *The Cultural Meaning of the Scientific Revolution*, Nueva York, Knopf, 1988.

Jaki, Stanley, *Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem*, La Haya, Nijhoff, 1984.

Jolivet, Jean, «The Arabic Inheritance», en Peter Dronke (comp.), *A History of Twelfth Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, págs. 113-148.

Jones, Charles W., «Bede», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 2, págs. 153-156.

Jones, Peter M., *Medieval Medical Miniatures*, Londres, The British Library en asociación con el Wellcome Institute for the History of Medicine, 1984.

Kahn, Charles H., *Anaximander and the Origins of Greek Cosmology*, Nueva York, Columbia University Press, 1960.

Kaiser, Christopher, *Creation and the History of Science*, Grand Rapids, Eerdmans, 1991.

Kari-Niazov, T. N., «Ulugh Beg», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 234-239.

Kealey, Edward J., *Medieval Medicus: A Social History of Anglo-Norman Medicine*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1981.

—, «England's Earliest Women Doctors», *Journal of the History of Medicine*, n.° 40, 1985, págs. 473-477.

Kennedy, E. S., «The History of Trigonometry: An Overview», en *Historical Topics for the Mathematics Classroom*, Washington, D. C., National Council of Teachers of Mathematics, 1969, reimpreso en E. S. Kennedy y otros, *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, American University of Beirut, 1983, págs. 3-29.

—, «The Arabic Heritage in the Exact Sciences», *Al-Abhath: A Quarterly Journal for Arab Studies*, n.° 23, 1970, págs. 327-344.

—, «The Exact Sciences», en R. N. Fyre (comp.), *The Cambridge History of Iran*, vol. 4, *The Period from the Arab Invasion to the Saljuqs*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975, págs. 378-395.

Kennedy, E. S. con colegas y ex alumnos, *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, American University of Beirut, 1983.

Kibre, Pearl, «"Astronomia" or "Astrologia Ypocratis"», en Erna Hilfstein, Pawel Czartoryski y Frank D. Grande (comps.), *Science and History: Studies in Honor of Edward Rosen*, col. «Studia Copernicana», vol. 16, Wrocław, Ossolineum, 1978, págs. 133-156.

Kieckhefer, Richard, *Magic in the Middle Ages*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990 (trad. cast.: *La magia en la Edad Media*, Barcelona, Crítica, 1992).

King, David A., *Islamic Mathematical Astronomy*, Londres, Variorum, 1986.

—, *Islamic Astronomical Instruments*, Londres, Variorum, 1987.

Kirk, G. S. y J. E. Raven, *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*, Cambridge, Cambridge University Press, 1960 (trad. cast.: *Los filósofos presocráticos*, Madrid, Gredos, 1981).

Knorr, Wilbur, *The Evolution of the Euclidean Elements: A Study of the Theory of Incommensurable Mangitudes and Its Significance for Early Greek Geometry*, Dordrecht, D. Reidel, 1975.

—, «Archimedes and the Pseudo-Euclidean *Catoptrics*: Early Stages in the Ancient Geometric Theory of Mirrors», *Archives internationales d'histoire des sciences*, n.° 35, 1985, págs. 28-105.

—, «John of Tynemouth *alias* John of London: Emerging Portrait of a Singular Medieval Mathematician», *British Journal for the History of Science*, n.° 23, 1990, págs. 293-330.

Knowles, David, *The Evolution of Medieval Thought*, Nueva York, Vintage, 1964.

Kogan, Barry S., *Averroes and the Metaphysics of Causation*, Albany, State University of New York, 1985.

Kovach, Francis J. y Robert W. Shahan (comps.), *Albert the Great: Commemorative Essays*, Norman, University of Oklahoma Press, 1980.

Koyré, Alexandre, «The Origins of Modern Science: A New Interpretation», *Diogenes*, n.° 16, invierno de 1956, págs. 1-22.

—, *From the Closed World to the Infinite Universe*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1957 (trad. cast.: *Del mundo cerrado al universo infinito*, Madrid, Siglo XXI, 2000).

—, *Metaphysics and Measurement: Essays in the Scientific Revolution*, Londres, Chapman & Hall, 1968.

—, *The Astronomical Revolution: Copernicus, Kepler, Borelli*, París, Hermann, 1973.

—, *Galileo Studies*, Atlantic Highlands, N. J., Humanities Press, 1978 (trad. cast.: *Estudios galileanos*, Madrid, Siglo XXI, 1990).

Kren, Claudia, «Homocentric Astronomy in the Latin West: The *De reprobatione ecentricorum et epiciclorum* of Henry of Hesse», *Isis*, n.° 59, 1968, págs. 269-281.

—, «Bernard of Verdun», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 2, págs. 23-24.

—, «Astronomy», en David L. Wagner (comp.), *The Seven Liberal Arts in the Middle Ages*, Bloomington, Indiana University Press, 1983, págs. 218-247.
—, *Medieval Science and Technology: A Selected, Annotated Bibliography*, Nueva York, Garland, 1985.
—, *Alchemy in Europe: A Guide to Research*, Nueva York, Garland, 1990.
Kretzman, Norman (comp.), *Infinity and Continuity in Ancient and Medieval Thought*, Ithaca, Cornell University Press, 1982.
Kretzman, Norman, Anthony Kenny y Jan Pinborg (comps.), *The Cambridge History of Later Medieval Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
Kristeller, Paul Oskar, «The School of Salerno: Its Development and Its Contribution to the History of Learning», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 17, 1945, págs. 138-194.
Kudlien, Fridolf, «Early Greek Primitive Medicine», *Clio medica*, n.° 3, 1968, págs. 305-336.
Kudlien, Fridolf y Richard J. Durling (comps.), *Galen's Method of Healing*, Leiden, Brill, 1991.
Kuhn, Thomas S., *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, Harvard University Press, 1957 (trad. cast.: *La revolución copernicana: la astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental*, Barcelona, Ariel, 1996).
—, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 1962 (trad. cast.: *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1971).
—, «Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science», *Journal of Interdisciplinary History*, n.° 7, 1976, págs. 1-31, reimpreso en Thomas S. Kuhn, *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, págs. 31-65, Chicago, University of Chicago Press, 1977 (trad. cast.: *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1982).
Laistner, M. L. W., *Christianity and Pagan Culture in the Later Roman Empire*, Ithaca, Cornell University Press, 1951.
—, *Thought and Letters in Western Europe, A.D. 500-900*, nueva ed., Londres, Methuen, 1957.
Lattin, Harriet Pratt (comp.), *The Letters of Gerbert with His Papal Privileges as Sylvester II*, Nueva York, Columbia University Press, 1961.
Lear, Jonathan, *Aristotle: The Desire to Understand*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988 (trad. cast.: *Aristóteles*, Madrid, Alianza, 1994).
Leclerc, Ivor, *The Nature of Physical Existence*, Londres, George Allen & Unwin, 1972.
Leclerc, Lucien, *Histoire de la médicine arabe*, 2 vols., París, Ernest Leroux, 1876.

Leclercq, Jean (Orden de san Benito), *The Love of Learning and the Desire for God: A Study of Monastic Culture*, Nueva York, Fordham University Press, 1961.

—, «The Renewal of Theology, en Robert L. Benson y Giles Constable (comps.), *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982, págs. 68-87.

Lejeune, Albert, *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque*, Lovaina, Bibliothèque de l'Université, 1948.

—, *Recherches sur la catoprique grecque*, Bruselas, Palais des Académies, 1957.

Lemay, Richard, *Abū Mashar and Latin Aristotelianism in the Twelfth Century: The Recovery of Aristotle's Natural Philosophy through Arabic Astrology*, Beirut, American University of Beirut, 1962.

—, «Gerard of Cremona», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 173-192.

—, «The True Place of Astrology in Medieval Science and Philosophy», en Patrick Curry (comp.), *Astrology, Science and Society: Historical Essays*, Woodbridge, Suffolk, Boydell, 1987, págs. 57-73.

Lévy-Bruhl, Lucien, *How Natives Think*, Londres, George Allen & Unwin, 1926.

Lewis, Bernard (comp.), *Islam and the Arab World: Faith, People, Culture*, Nueva York, Knopf, 1976.

Lewis, C. S., *The Discarded Image: An Introduction to Medieval and Renaissance Literature*, Cambridge, Cambridge University Press, 1964 (trad. cast.: *La imagen del mundo: introducción a la literatura medieval y renacentista*, Barcelona, Península, 1997).

Lewis, Christopher, *The Merton Tradition and Kinematics in Late Sixteenth and Early Seventeenth Century Italy*, Padua, Antenore, 1980.

Liebeschütz, H., «Boethius and the Legacy of Antiquity», en A. H. Armstrong (comp.), *The Cambridge History of Later Greek and Early Medieval Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970, págs. 538-564.

Lindberg, David C., «Alhazen's Theory of Vision and Its Reception in the West», *Isis*, n.° 58, 1967, págs. 321-341.

—, «The Theory of Pinhole Images from Antiquity to the Thirteenth Century», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 5, 1968, págs. 154-176.

— (comp.), *John Pecham and the Science of Optics: «Perspectiva communis», edited with an Introduction, English Translation, and Critical Notes*, Madison, University of Wisconsin Press, 1970.

—, «A Reconsideration of Roger Bacon's Theory of Pinhole Images», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 6, 1970, págs. 214-223.

—, «The Theory of Pinhole Images in the Fourteenth Century», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 6, 1970, págs. 299-325.

—, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, Chicago, University of Chicago Press, 1976.

— (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978.
—, «The Science of Optics», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 338-368.
—, «The Transmission of Greek and Arabic Learning to the West», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 52-90.
—, «On the Applicability of Mathematics to Nature: Roger Bacon and His Predecessors», *British Journal for the History of Science*, n.° 15, 1982, págs. 3-25.
— (comp.), *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition, with English Translation, Introduction, and Notes, of «De multiplicatione specierum» and «De speculis comburentibus»*, Oxford, Clarendon Press, 1983.
—, *Studies in the History of Medieval Optics*, Londres, Variorum, 1983.
—, «The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler», *Osiris*, nueva serie, n.° 2, 1985, págs. 5-42.
—, «Laying the Foundations of Geometrical Optics: Maurolico, Kepler, and the Medieval Tradition», en David C. Lindberg y Geoffrey Cantor, *The Discourse of Light from the Middle Ages to the Enlightenment*, Los Ángeles, William Andrews Clark Memorial Library, 1985, págs. 1-65.
—, «Continuity and Discontinuity in the History of Optics: Kepler and the Medieval Tradition», *History and Technology*, n.° 4, 1987, págs. 423-440.
—, «Roger Bacon and the Origins of *Perspectiva* in the West», en Edward Grant y John E. Murdoch (comps.), *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages: Essays in Honor of Marshall Clagett*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987, págs. 249-268.
—, «Science as Handmaiden: Roger Bacon and the Patristic Tradition», *Isis*, n.° 78, 1987, págs. 518-536.
—, «Optics, Western European», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 9, págs. 247-253.
—, «Conceptions of the Scientific Revolution from Bacon to Butterfield: A Preliminary Sketch», en David C. Lindberg y Robert S. Westman (comps.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986, págs. 1-26.
—, «Science and the Early Church», en David C. Lindberg y Ronald L. Numbers (comps.), *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1986, págs. 19-48.
Lindberg, David C. y Ronald L. Numbers (comps.), *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1990.
Lindberg, David C. y Robert S. Westman (comps.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.

Lindgren, Uta, *Gerbert von Aurillac und das Quadrivium: Untersuchungen zur Bildung im Zeitalter der Ottonen*, col. «Sudhoffs Archiv: Zeitschrift für Wissenschaftsgeschichte», vol. 18, Wiesbaden, Franz Steiner, 1976.

Lipton, Joshua D., «The Rational Evaluation of Astrology in the Period of Arabo-Latin Translation, ca. 1126-1187 A.D.», tesis doctoral, Los Ángeles, University of California, 1978.

Little, A. G. (comp.), *Roger Bacon Essays*, Oxford, Clarendon Press, 1914.

Livesey, Steven J., *Theology and Science in the Fourteenth Century: Three Questions on the Unity and Subalternation of the Sciences from John of Reading's Commentary on the Sentences*, col. «Studien und Texte zur Geistesgeschichte des Mittelalters», vol. 25, Leiden, Brill, 1989.

Lloyd, G. E. R., *Aristotle: The Growth and Structure of His Thought*, Cambridge, Cambridge University Press, 1968.

—, *Early Greek Science: Thales to Aristotle*, Londres, Chatto & Windus, 1970 (trad. cast.: *De Tales a Aristóteles*, Buenos Aires, Eudeba, 1973).

—, (comp.), *Hippocratic Writings*, Harmondsworth, Penguin, 1978.

—, «Saving the Appearances», *Classical Quarterly*, n.° 28, 1978, págs. 202-222.

—, *Magic, Reason and Experience: Studies in the Origins and Development of Greek Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.

—, *The Revolutions of Wisdom: Studies in the Claims and Practice of Ancient Greek Science*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1987.

—, *Demystifying Mentalities*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990 (trad. cast.: *Las mentalidades y su desenmascaramiento*, Madrid, Siglo XXI, 1996).

Locher, A., «The Structure of Pliny the Elder's Natural History», en Roger French y Frank Greenaway (comps.), *Science in the Early Roman Empire*, Totawa, N. J., Barnes & Noble, 1986, págs. 20-29.

Long, A. A., *Hellenistic Philosophy: Stoics, Epicureans, Sceptics*, 2ª ed., Londres, Duckworth, 1974 (trad. cast.: *La filosofía helenística: estoicos, epicúreos, escépticos*, Madrid, Alianza, 1997).

—, «Astrology: Arguments Pro and Contra», en Jonathan Barnes, Jacques Brunschwig, Myles Burnyeat y Malcolm Schofield (comps.), *Science and Speculation: Studies in Hellenistic Theory and Practice*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, págs. 165-192.

—, «The Stoics on World-Conflagration and Everlasting Recurrence», en Ronald H. Epp (comp.), *Recovering the Stoics*, suplemento de *The Southern Journal of Philosophy*, Memphis, Memphis State University, Department of Philosophy, 1985, vol. 23, págs. 13-37.

Long, A. A. y D. N. Sedley, *The Hellenistic Philosophers*, 2 vols., Cambridge, Cambridge University Press, 1987.

Longrigg, James, «Erasistratus», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 4, págs. 382-386.

—, «Superlative Achievement and Comparative Neglect: Alexandrian Medical Science and Modern Historical Research», *History of Science*, n.° 19, 1981, págs. 155-200.
—, «Anatomy in Alexandria in the Third Century B.C.», *British Journal for the History of Science*, n.° 21, 1988, págs. 455-488.
—, «Presocratic Philosophy and Hippocratic Medicine», *History of Science*, n.° 27, 1989, págs. 1-39.
Lones, Thomas E., *Aristotle's Researches in Natural Science*, Londres, West, Newman, 1912.
Lucrecio, *De rerum natura*, 2ª ed. rev., Londres, Heinemann, 1982 (trad. cast.: *De la naturaleza de las cosas*, Agustín García Calvo [comp.], Madrid, Cátedra, 1983).
Luscombe, David E., *Peter Abelard*, Londres, Historical Association, 1979.
—, «Peter Abelard», en Peter Dronke (comp.), *A History of Twelfth-Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, págs. 279-307.
Lutz, Cora E., *Schoolmasters of the Tenth Century*, Hamdem, Conn., Archon, 1977.
Lynch, John Patrick, *Aristotle's School: A Study of a Greek Educational Institution*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1972.
Lytle, Guy Fitch, «Patronage Patterns and Oxford Colleges, c. 1300-c. 1530», en Lawrence Stone (comp.), *The University in Society*, Princeton, Princeton University Press, 1974, vol. 1, págs. 213-253.
—, «The Careers of Oxford Students in the Later Middle Ages», en James M. Kittelson y Pamela J. Transue (comps.), *Rebirth, Reform and Resilience: Universities in Transition 1300-1700*, Columbus, Ohio State University Press, 1984.
MacKinney, Loren C., *Early Medieval Medicine, with Special Reference to France and Chartres*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1937.
—, *Medical Illustration in Medical Manuscripts*, Londres, Wellcome Historical Medical Library, 1965.
Macrobio, *Commentary on the Dream of Scipio*, con introducción y notas a cargo de William H. Stahl, Nueva York, Columbia University Press, 1952.
Mahoney, Michael S., «Another Look at Greek Geometrical Analysis», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 5, 1968, págs. 318-348.
—, «Mathematics», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 145-178.
Maier, Anneliese, *An der Grenze von Scholastik und Naturwissenschaft*, 2ª ed., Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1952.
—, «Die naturphilosophische Bedeutung der scholastischen Impetustheorie», *Scholastik*, n.° 30, 1955, págs. 321-343, trad. ingl. «The Significance of the Theory of Impetus for Scholastic Natural Philosophy», en Anneliese Maier, *On the Threshold of Exact Science*, 1955, págs. 76-102.

—, *Metaphysische Hintergründe der spätscholastischen Naturphilosophie*, Roma, Edizioni de Storia e Letteratura, 1955.
—, *Zwischen Philosophie und Mechanik*, Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1958.
—, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert*, 2ª ed., Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1966.
—, *Ausgehendes Mittelalter: Gesammelte Aufsätze zur Geistesgeschichte des 14. Jahrhunderts*, 3 vols., Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1964-1977.
—, «The Achievements of Late Scholastic Natural Philosophy», en Anneliese Maier, *On the Threshold of Exact Science: Selected Writings of Anneliese Maier on Late Medieval Natural Philosophy*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 1982, págs. 143-170.
—, *On the Threshold of Exact Science: Selected Writings of Anneliese Maier on Late Medieval Natural Philosophy*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 1982.
—, «The Theory of the Elements and the Problem of their Participation in Compounds», en Anneliese Maier, *On the Threshold of Exact Science: Selected Writings of Anneliese Maier on Late Medieval Natural Philosophy*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 1982, págs. 124-142.
Maierù, A. y A. Paravicini Bagliani (comps.), *Studi sul XIV secolo in memoria di Anneliese Maier*, col. «Raccolta di studi e testi», vol. 151, Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1981.
Majno, Guido, *The Healing Hand: Man and Wound in the Ancient World*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1975.
Makdisi, George, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West*, Edimburgo, Edinburgh University Press, 1981.
Malinowski, Bronislaw, *Myth in Primitive Psychology*, Nueva York, W. W. Norton, 1926.
Marenbon, John, *From the Circle of Alcuin to the School of Auxerre: Logic, Theology and Philosophy in the Early Middle Ages*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
—, *Early Medieval Philosophy (480-1150): An Introduction*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1983.
Marrou, H. I., *A History of Education in Antiquity*, Nueva York, Sheed and Ward, 1956 (trad. cast.: *Historia de la educación en la antigüedad*, Tres Cantos, Akal, 1985).
Martin, R. N. D., «The Genesis of a Mediaeval Historian: Pierre Duhem and the Origins of Statics», *Annals of Science*, n.° 33, 1976, págs. 119-129.
McCluskey, Stephen C., «Gregory of Tours, Monastic Timekeeping, and Early Christian Attitudes to Astronomy», *Isis*, n.° 81, 1990, págs. 9-22.
McColley, Grant, «The Theory of the Diurnal Rotation of the Earth», *Isis*, n.° 26, 1937, págs. 392-402.
McDiarmid, J. B., «Theophrastus», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 13, págs. 328-334.

McEvoy, James, *The Philosophy of Robert Grosseteste*, Oxford, Clarendon Press, 1982.
McInerny, Ralph, *St. Thomas Aquinas*, Notre Dame, Ind., University of Notre Dame Press, 1982.
McKitterick, Rosamond, *The Carolingians and the Written Word*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.
McMullin, Ernan (comp.), *The Concept of Matter in Greek and Medieval Philosophy*, Notre Dame, Ind., University of Notre Dame Press, 1963.
—, «Medieval and Modern Science: Continuity or Discontinuity?», *International Philosophical Quarterly*, n.° 5, 1965, págs. 103-129.
—, «Conceptions of Science in the Scientific Revolution», en David C. Lindberg y Robert S. Westman (comps.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990, págs. 27-86.
McVaugh, Michael, «Arnald of Villanova and Bradwardine's Law», *Isis*, n.° 58, 1967, págs. 56-64.
—, «Quantified Medical Theory and Practice at Fourteenth-Century Montpellier», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 43, 1969, págs. 397-413.
—, «The *Experimenta* of Arnald of Villanova», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, n.° 1, 1971, págs. 107-18.
—, «Theriac at Montpellier», *Sudhoffs Archiv: Zeitschrift für Wissenschaftsgeschichte*, n.° 56, 1972, págs. 113-144.
— (comp.), *Arnald de Villanova, Opera medica omnia*, vol. 2, *Aphorismi de gradibus*, Granada, Seminarium historiae medicae Granatensis, 1975.
—, «Constantine the African», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 3, págs. 393-395.
—, «Medicine, History of», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 8, págs. 247-254.
—, «The Nature and Limits of Medical Certitude», *Osiris*, nueva serie, n.° 6, 1990, págs. 62-84.
Melling, David J., *Understanding Plato*, Oxford, Oxford University Press, 1987 (trad. cast.: *Introducción a Platón*, Madrid, Alianza, 1992).
Merton, Robert K., *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*, publicado originalmente en *Osiris*, n.° 4, 1938, págs. 360-632, reeditado, con una introducción nueva, en Nueva York, Harper and Row, 1970 (trad. cast.: *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*, Madrid, Alianza, 1984).
Meyerhof, Max, *Studies in Medieval Arabic Medicine: Theory and Practice*, Penelope Johnstone (comp.), Londres, Variorum, 1984.
—, «Science and Medicine», en Thomas Arnold y Alfred Guillaume (comps.), *The Legacy of Islam*, Londres, Oxford University Press, 1931, págs. 311-355.
Millas-Vallicrosa, J. M., «Translation of Oriental Scientific Works», en Guy S. Métraux y François Crouzet (comps.), *The Evolution of Science*, Nueva York, Mentor, 1963, págs. 128-167.

Miller, Timothy S., «The Knights of Saint John and the Hospitals of the Latin West», *Speculum*, n.° 53, 1978, págs. 709-733.
—, *The Birth of the Hospital in the Byzantine Empire*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1985.
Minio-Paluello, Lorenzo, «Boethius, Anicius Manlius Severinus», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 9, págs. 361-365.
—, «Michael Scot», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 361-365.
—, «Moerbeke, William of», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 2, págs. 228-236.
Mohr, Richard D., *The Platonic Cosmology*, Leiden, Brill, 1985.
Moline, Jon, *Plato's Theory of Understanding*, Madison, University of Wisconsin Press, 1981.
Molland, A. G., «The Geometrical Background to the "Merton School"», *British Journal for the History of Science*, n.° 4, 1968-1969, págs. 108-125.
—, «Nicole Oresme and Scientific Progress», *Miscellanea Mediaevalia*, n.° 9, 1974, págs. 206-220.
—, «An Examination of Bradwardine's Geometry», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 19, 1978, págs. 113-175.
—, «Continuity and Measure in Medieval Natural Philosophy», *Miscellanea Mediaevalia*, n.° 16, 1983, págs. 132-144.
—, «Aristotelian Holism and Medieval Mathematical Physics», en Stefano Caroti (comp.), *Studies in Medieval Natural Philosophy*, Florencia, Olschki, 1989, págs. 227-235.
Moody, Ernest A., «Galileo and Avempace: The Dynamics of the Learning Tower Experiment», *Journal of the History of Ideas*, n.° 12, 1951, págs. 163-193 y 375-422.
—, *Studies in Medieval Philosophy, Science, and Logic: Collected Papers 1933-1969*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1975.
Moody, Ernest A. y Marshall Clagett (comps.), *The Medieval Science of Weights*, Madison, University of Wisconsin Press, 1960.
Morris, Colin, *The Discovery of the Individual, 1050-1200*, Nueva York, Harper and Row, 1972.
Multhauf, Robert P., *The Origins of Chemistry*, Nueva York, Franklin Watts, 1967.
Murdoch, John E., «*Mathesis in philosophiam scholasticam introducta*: The Rise and Development of the Application of Mathematics in Fourteenth Century Philosophy and Theology», en *Arts libéraux et philosophie médiévale, Université de Montréal, 27 août-2 septembre 1967*, Montreal, Institut d'études médiévales, 1969, págs. 215-254.
—, «Philosophy and the Enterprise of Science in the Later Middle Ages», en Yehuda Elkana (comp.), *The Interaction between Science and Philosophy*, Atlantic Highlands, N. J., Humanities Press, 1974, págs. 51-74.

—, «From Social into Intellectual Factors: An Aspect of the Unitary Character of Late Medieval Learning», en John E. Murdoch y Edith D. Sylla (comps.), *The Cultural Context of Medieval Learning*, col. «Boston Studies in the Philosophy of Science», vol. 26, Dordrecht, D. Reidel, 1975, págs. 271-438.
—, «The Development of a Critical Temper: New Approaches and Modes of Analysis in Fourteenth-Century Philosophy, Science, and Theology», *Medieval and Renaissance Studies*, n.° 7, 1978, págs. 51-79.
—, *Album of Science: Antiquity and the Middle Ages*, Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1984.
Murdoch, John E. y Edith D. Sylla (comps.), *The Cultural Context of Medieval Learning*, col. «Boston Studies in the Philosophy of Science», vol. 26, Dordrecht, D. Reidel, 1975.
—, «The Science of Motion», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 206-264.
—, «Swineshead, Richard», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 13, págs. 184-213.
—, «Anneliese Maier and the History of Medieval Science», en A. Maierù y A. Paravicini Bagliani (comps.), *Studi sul XIV secolo in memoria di Anneliese Maier*, col. «Storia e Letteratura, Raccolta di studi e testi», vol. 151, Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1981, págs. 7-13.
Murray, Alexander, *Reason and Society in the Middle Ages*, Oxford, Clarendon Press, 1978 (trad. cast.: *Razón y sociedad en la Edad Media*, Madrid, Taurus, 1982).
Nakosteen, Mehdi, *History of Islamic Origins of Western Education, A.D. 800-1359, with an Introduction to Medieval Muslim Education*, Boulder, University of Colorado Press, 1964.
Nasr, Seyyed Hossein, *An Introduction to Islamic Cosmological Doctrines*, Cambridge, Mass., Belknap Press of Harvard University Press, 1964.
—, *Science and Civilization in Islam*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1968.
Neugebauer, Otto, *The Exact Sciences in Antiquity*, Princeton, Princeton University Press, 1952.
—, «On the "Hippopede" of Eudoxus», *Scripta Mathematica*, n.° 19, 1953, págs. 225-229.
—, «Apollonius' Planetary Theory», *Communications on Pure and Applied Mathematics*, n.° 8, 1955, págs. 641-648.
—, «On the Allegedly Heliocentric Theory of Venus by Heraclides Ponticus», *American Journal of Philology*, n.° 93, 1972, págs. 600-601.
—, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 3 partes, Nueva York, Springer, 1975.
—, *Astronomy and History: Selected Essays*, Nueva York, Springer, 1983.
Neugebauer, Otto y A. Sachs (comps.), *Mathematical Cuneiform Texts*, col. «American Oriental Series», vol. 29, New Haven, American Oriental Society, 1945.

Newman, William R., «The Genesis of the *Summa perfectionis*», *Archives internationales d'histoire des sciences*, n.° 35, 1985, págs. 240-302.
—, «Technology and Chemical Debate in the Late Middle Ages», *Isis*, n.° 80, 1989, págs. 423-445.
—, *The «Summa perfectionis» of Pseudo-Geber: A Critical Edition, Translation and Study*, Leiden, Brill, 1991.
North, J. D., «The Astrolabe», *Scientific American*, vol. 230, n.° 1, enero de 1974, págs. 96-106.
— (comp.), *Richard of Wallingford, An Edition of His Writings with Introductions, English Translation and Commentary*, 3 vols., Oxford, Clarendon Press, 1976.
—, «Astrology and the Fortunes of Churches», *Centaurus*, n.° 24, 1980, págs. 181-211.
—, «Celestial Influence - the Major Premiss of Astrology», en P. Zambelli (comp.), *Astrologi hallucinati*, Berlín, Walter de Gruyter, 1986, págs. 45-100.
—, *Chaucer's Universe*, Oxford, Clarendon Press, 1988.
—, «The Alphonsine Tables in England», en J. D. North, *Stars, Minds and Fate: Essays in Ancient and Medieval Cosmology*, Londres, Hambledon, 1989, págs. 327-359.
—, *Stars, Minds and Fate: Essays in Ancient and Medieval Cosmology*, Londres, Hambledon, 1989.
—, *The Universal Frame: Historical Essays in Astronomy, Natural Philosophy and Scientific Method*, Londres, Hambledon, 1989.
Numbers, Ronald L. y Darrel W. Amundsen (comps.), *Caring and Curing: Health and Medicine in the Western Religious Traditions*, Nueva York, Macmillan, 1986.
Nussbaum, Martha Craven, *Aristotle's «De motu animalium»: Text with Translation, Commentary, and Interpretive Essays*, Princeton, Princeton University Press, 1978.
Nutton, Vivian, «The Chronology of Galen's Early Career», *Classical Quarterly*, n.° 23, 1973, págs. 158-171.
—, «Galen in the Eyes of His Contemporaries», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 58, 1984, págs. 315-324.
—, *From Democedes to Harvey: Studies in the History of Medicine*, Londres, Variorum, 1988.
Oakley, Francis, *Omnipotence, Covenant, and Order: An Excursion in the History of Ideas from Abelard to Leibniz*, Ithaca, Cornell University Press, 1984.
O'Donell, James J., *Cassiodorus*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1979.
Oggins, Robin S., «Albertus Magnus on Falcons and Hawks», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980, págs. 441-462.

O'Leary, De Lacy, *How Greek Science Passed to the Arabs*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1949.

Olson, Richard, *Science Deified and Science Defied: The Historical Significance of Science in Western Culture from the Bronze Age to the Beginnings of the Modern Era ca. 3500 B.C. to A.D. 1640*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1982.

O'Meara, Dominic J., *Pythagoras Revived: Mathematics and Philosophy in Late Antiquity*, Oxford, Clarendon Press, 1989.

Oresme, Nicolás, *«De proportionibus proportionum» and «Ad pauca respicientes»*, edición a cargo de Edward Grant, Madison, University of Wisconsin Press, 1966.

—, *Le livre du ciel et du monde*, edición a cargo de A. D. Menut y A. J. Denomy, Madison, University of Wisconsin Press, 1968.

Orme, Nicholas, *English Schools of the Middle Ages*, Londres, Methuen, 1973.

Overfield, James H., «University Studies and the Clergy in Pre-Reformation Germany», en James M. Kittelson y Pamela J. Transue (comps.), *Rebirth, Reform and Resilience: Universities in Transition 1300-1700*, Columbus, Ohio State University Press, 1984, págs. 254-292.

Owen, G. E. L., *Logic, Science and Dialectic: Collected Papers in Greek Philosophy*, Martha Nussbaum (comp.), Ithaca, Cornell University Press, 1986.

Parent, J. M., *La doctrine de la création dans l'école de Chartres*, París, J. Vrin, 1938.

Park, Katharine, «Albert's Influence on Medieval Psychology», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980, págs. 501-535.

—, *Doctors and Medicine in Early Renaissance Florence*, Princeton, Princeton University Press, 1985.

Parker, Richard, «Egyptian Astronomy, Astrology and Calendrical Reckoning», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 706-727.

Pedersen, Olaf, «The Development of Natural Philosophy 1250-1350», *Classica et Medievalia*, n.° 14, 1953, págs. 86-155.

—, «The Corpus Astronomicum and the Traditions of Medieval Latin Astronomy: A Tentative Interpretation», en *Astronomy of Copernicus and Its Background*, col. «Colloquia Copernicana», vol. 3; col. «Studia Copernicana», vol. 13, Wrocław, Ossolineum, 1975, págs. 57-96.

—, *A Survey of the Almagest*, col. «Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium», vol. 30, Odense, Odense University Press, 1974.

—, «Astronomy», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 303-336.

—, «Some Astronomical Topics in Pliny», en Roger French y Frank Greenaway (comps.), *Science in the Early Roman Empire: Pliny the Elder, His Sources and Influence*, cap. 10, Totawa, N. J., Barnes & Noble, 1986.

—, «Astrology», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 1, 604-610.
Pedersen, Olaf y Mogens Pihl, *Early Physics and Astronomy: A Historical Introduction*, Nueva York, Science History Publications, 1974.
Pegis, Anton C., *St. Thomas and the Problem of the Soul in the Thirteenth Century*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1934.
Pellegrin, Pierre, *Aristotle's Classification of Animals: Biology and the Conceptual Unity of the Aristotelian Corpus*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1986.
Peters, F. E., *Allah's Commonwealth: A History of Islam in the Near East, 600-1100 A.D.*, Nueva York, Simon and Schuster, 1973.
—, *Aristotle and the Arabs: The Aristotelian Tradition in Islam*, Nueva York, New York University Press, 1968.
—, *The Harvest of Hellenism: A History of the Hear East from Alexander the Great to the Triumph of Christianity*, Nueva York, Simon and Schuster, 1970.
Philips, E. D., *Greek Medicine*, Londres, Thames and Hudson, 1973.
Pingree, David, «Abū Ma'shar al-Balkhī», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 1, págs. 32-39.
—, «Hellenophilia versus the History of Science», manuscrito de un acta entregada a la Harvard University, 14 de noviembre de 1990.
The Planispheric Astrolabe, Greenwich, National Maritime Museum, 1976.
Platón, *Plato, with an English Translation*, 10 vols., Londres, Loeb, 1914-1929.
—, *The «Republic» of Plato*, Oxford, Oxford University Press, 1941 (trad. cast.: *La república*, Madrid, Gredos, 2000).
—, *Plato's Cosmology: The «Timaeus» of Plato*, con comentarios de Francis M. Cornford, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1957 (trad. cast.: *Timeo*, Madrid, Gredos, 1997).
—, *Plato's Theory of Knowledge: The «Theaetetus» and the «Sophist» of Plato*, con comentarios de Francis M. Cornford, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1935 (trad. cast.: *La teoría platónica del conocimiento. El Teeteto y el Sofista: traducción y comentario*, Buenos Aires, Paidós, 1968).
Plinio el Viejo, *Natural History*, 10 vols., Londres, Heinemann, 1938-1962 (trad. cast.: *Historia natural*, en preparación en Gredos).
Plinio el Joven, *Letters*, edición revisada por W. M. L. Hutchinson, 2 vols., Londres, Heinemann, 1961 (trad. cast.: *Cartas de Plinio el Joven*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1963).
Powell, Barry, *Homer and the Origin of the Greek Alphabet*, Cambridge, Cambridge University Press, 1991.
Preus, Anthony, *Science and Philosophy in Aristotle's Biological Works*, Hildesheim, Georg Olms, 1975.
Quinn, John Francis, *The Historical Constitution of St. Bonaventure's Philosophy*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1973.
Rahman, Fazlur, *Islam*, 2ª ed., Chicago, University of Chicago Press, 1979.

Randall, John Herman, Jr., *The School of Padua and the Emergence of Modern Science*, Padua, Antenore, 1961.

Ralph, Philip Lee, *The Renaissance in Perspective*, Nueva York, St. Martin's Press, 1973.

Rashdall, Hastings, *The Universities of Europe in the Middle Ages*, F. M. Powicke y A. B. Emden (comps.), 3 vols., Oxford, Clarendon Press, 1936.

Rather, L. J., «The "Six Things Non-Natural": A Note on the Origins and Fate of a Doctrine and a Phrase», *Clio Medica*, n.° 3, 1968, págs. 337-347.

Rawson, Elizabeth, *Intellectual Life in the Late Roman Republic*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1985.

Reeds, Karen, «Albert on the Natural Philosophy of Plant Life», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980, págs. 341-354.

Reymond, Arnold, *History of the Sciences in Greco-Roman Antiquity*, Londres, Methuen, 1927.

Reynolds, Terry S., *Stronger than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1983.

Riché, Pierre, *Education and Culture in the Barbarian West, Sixth through Eighth Centuries*, Columbia, University of South Carolina Press, 1976.

Riddle, John M., «Theory and Practice in Medieval Medicine», *Viator*, n.° 5, 1974, págs. 157-170.

—, «Dioscorides», en F. Cranz, F. Edward y Paul O. Kristeller (comps.), *Catalogus translationum et commentariorum: Mediaeval and Renaissance Latin Translations and Commentaries. Annotated Lists and Guides*, vol. 6, Washington, D. C., Catholic University of America Press, 1980, págs. 1-143.

—, *Dioscorides on Pharmacy and Medicine*, Austin, University of Texas Press, 1985.

Rosen, Edward, «Renaissance Science as Seen by Burckhardt and His Successors», en Tinsley Helton (comp.), *The Renaissance: A Reconsideration of the Theories and Interpretations of the Age*, Madison, University of Wisconsin Press, 1961, págs. 77-103.

Rosenfeld, B. A. y A. T. Grigorian, «Thābit ibn Qurra», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 13, págs. 288-295.

Rosenthal, Franz, «The Physician in Medieval Muslim Society», *Bulletin of the History of Medicine*, n.° 52, 1978, págs. 475-491.

Ross, W. D., *Aristotle: A Complete Exposition of His Works and Thought*, 5ª ed., Cleveland, Meridian, 1959.

Rothschuh, Karl E., *History of Physiology*, Huntington, N. Y., Krieger, 1973.

Russell, Bertrand, *A History of Western Philosophy*, 2ª ed., Londres, George Allen & Unwin, 1961 (trad. cast.: *Historia de la filosofía occidental*, 2 vols., Madrid, Espasa-Calpe, 1999).

Russell, Jeffrey B., *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians*, Westport, Conn., Praeger, 1991.

Sabra, A. I., «The Scientific Enterprise», en Bernard Lewis (comp.), *Islam and the Arab World*, Nueva York, Knopf, 1976, págs. 181-192.
—, «An Eleventh-Century Refutation of Ptolemy's Platenary Theory», en Erna Hilfstein, Paweł Czartoryski y Frank D. Grande (comps.), *Science and History: Studies in Honor of Edward Rosen*, col. «Studia Copernicana», vol. 16, Wrocław, Ossolineum, 1978, págs. 117-131.
—, «Al-Farghānī», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 4, págs. 541-545.
—, «Ibn al-Haytham», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 6, págs. 189-210.
—, «Science, Islamic», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 11, págs. 81-88.
—, «The Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy: Averroes and al-Biṭrūjī», en Everett Mendelsohn (comps.), *Transformation and Tradition in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984, págs. 133-153.
—, «The Appropriation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam: A Preliminary Statement», *History of Science*, n.° 25, 1987, págs. 223-243.
—, «Form in Ibn al-Haytham's Theory of Vision», *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften*, n.° 5, 1989, págs. 115-140.
— (comp.), *The Optics of Ibn al-Haytham: Books I-III, On Direct Vision*, 2 vols., Londres, Warburg Institute, 1989.
Sacrobosco, Juan de, *The Sphere of Sacrobosco and Its Commentators*, Lynn Thorndike (comp.), Chicago, University of Chicago Press, 1949.
Sa'di, Lufti, M., «A Bio-Bibliographical Study of Huanayn ibn Is-haq al-Ibadi (Johannitius)», *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, n.° 2, 1934, págs. 409-446.
Saffron, Morris Harold, «Maurus of Salerno: Twelft-century "Optimus Physicus" with his Commentary on the Prognostics of Hippocrates», *Transactions of the American Philosophical Society*, Filadelfia, American Philosophical Society, 1972, vol. 62, parte 1.
Saliba, George, «The Development of Astronomy in Medieval Islamic Society», *Arab Studies Quarterly*, n.° 4, 1982, págs. 211-225.
—, «Astrology/Astronomy, Islamic», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 1, págs. 616-624.
Sambursky, S., *The Physical World of the Greeks*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1956 (trad. cast.: *El mundo físico de los griegos*, Madrid, Alianza, 1999).
—, *Physics of the Stoics*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1959.
—, *The Physical World of Late Antiquity*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1962 (trad. cast.: *El mundo físico a finales de la antigüedad*, Madrid, Alianza, 1999).

Sandbach, F. H., *The Stoics*, Londres, Chatto & Windus, 1975.
Sarton, George, *Introduction to the History of Science*, 3 vols., Washington, D. C., Williams and Wilkins, 1927-1948.
—, *Galen of Pergamon*, Lawrence, University of Kansas Press, 1954.
Sayili, Aydin, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*, col. «Publications of the Turkish Historical Society», serie 7, n.° 38, Ankara, Türk Tarih Kumuru Basimevi, 1960.
Scarborough, John, *Roman Medicine*, Ithaca, Cornell University Press, 1969.
—, «The Galenic Question», *Sudhoffs Archiv*, n.° 65, 1981, págs. 1-31.
—, «Classical Antiquity: Medicine and Allied Sciences, An Update», *Trends in History*, vol. 4, n.° 2-3, 1988, págs. 5-36.
— (comp.), *Folklore and Folk Medicines*, Madison, Wis., American Institute of the History of Pharmacy, 1987.
—, «Galen Redivivus: An Essay Review», *Journal of the History of Medicine*, n.° 43, 1988, págs. 313-321.
Schmitt, Charles B., *Studies in Renaissance Philosophy and Science*, Londres, Variorum, 1981.
—, *Aristotle and the Renaissance*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1983.
—, *The Aristotelian Tradition and Renaissance Universities*, Londres, Variorum, 1984.
—, *Reappraisals in Renaissance Thought*, Londres, Variorum, 1989.
Séneca, Lucio Anneo, *Physical Science in the Time of Nero: Being a Translation of the «Quaestiones naturales» of Seneca*, notas de Archibald Giekie, Londres, Macmillan, 1910 (trad. cast.: *Cuestiones naturales*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1979).
Serene, Eileen, «Demonstrative Science», en Norman Kretzmann, Anthony Kenny y Jan Pinborg (comps.), *The Cambridge History of Later Medieval Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, págs. 496-517.
Shank, Michael H., *«Unless You Believe, You Shall Not Understand»: Logic, University and Society in Late Medieval Vienna*, Princeton, Princeton University Press, 1988.
Shapin, Steven y Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press, 1985.
Sharp, D. E., *Franciscan Philosophy at Oxford in the Thirteenth Century*, Oxford, Clarendon Press, 1930.
Sharpe, William D., «Isidore of Seville: The Medical Writings», *Transactions of the American Philosophical Society*, Filadelfia, American Philosophical Society, 1964, vol. 54, parte 2.
Sigerist, Henry E., «The Latin Medical Literature of the Early Middle Ages», *Journal of the History of Medicine*, n.° 13, 1958, págs. 127-146.
—, *A History of Medicine*, vol. 1: *Primitive and Archaic Medicine*; vol. 2: *Early Greek, Hindu, and Persian Medicine*, Oxford, Oxford University Press, 1951-1961.

Singer, Charles, *A Short History of Anatomy and Physiology from the Greeks to Harvey*, Nueva York, Dover, 1957.
Singleton, Charles S. (comp.), *Art, Science, and History in the Renaissance*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1968.
Siraisi, Nancy G., *Arts and Sciences at Padua: The* Studium *of Padua before 1350*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1973.
—, *Taddeo Alderotti and His Pupils: Two Generations of Italian Medical Learning*, Princeton, Princeton University Press, 1981.
—, «Introduction», en Daniel Williman (comp.), *The Black Death: The Impact of the Fourteenth-Century Plague*, Binghamton, Center for Medieval & Early Renaissance Studies, 1982, págs. 9-22.
—, *Avicenna in Renaissance Italy: The «Canon» and Medical Teaching in Italian Universities after 1500*, Princeton, Princeton University Press, 1987.
—, *Medieval and Early Renaissance Medicine: An Introduction to Knowledge and Practice*, Chicago, University of Chicago Press, 1990.
Smalley, Beryl, *The Study of the Bible in the Middle Ages*, Oxford, Basil Blackwell, 1952.
Smith, A. Mark, «Getting the Big Picture in Perspectivist Optics», *Isis*, n.° 72, 1981, págs. 568-589.
—, «Saving the Appearances of the Appearances: The Foundations of Classical Geometrical Optics», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 24, 1981, págs. 73-100.
—, «Ptolemy's Search for a Law of Refraction: A Case-Study in the Classical Methodology of "Saving the Appearances" and Its Limitations», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 26, 1982, págs. 221-240.
Smith, Wesley D., *The Hippocratic Tradition*, Ithaca, Cornell University Press, 1979.
Solmsen, Friedrich, *Plato's Theology*, Ithaca, Cornell University Press, 1942.
—, *Hesiod and Aeschylus*, Ithaca, Cornell University Press, 1949.
—, *Aristotle's System of the Physical World: A Comparison with His Predecessors*, Ithaca, Cornell University Press, 1960.
Sorabji, Richard, *Necessity, Cause and Blame: Perspectives on Aristotle's Theory*, Ithaca, Cornell University Press, 1980.
— (comp.), *Philoponus and the Rejection of Aristotelian Science*, Londres, Duckworth, 1987.
—, *Matter, Space and Motion: Theories in Antiquity and Their Sequel*, Ithaca, Cornell University Press, 1988.
— (comp.), *Aristotle Transformed: The Ancient Commentators and Their Influence*, Ithaca, Cornell University Press, 1990.
Southern, Richard W., «Humanism and the School of Chartres», en Richard W. Southern, *Medieval Humanism and Other Studies*, págs. 61-85, Nueva York, Harper Torchbooks, 1970.
—, «The Schools of Paris and the School of Chartres», en Robert L. Benson y

Giles Constable (comps.), *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982, págs. 113-137.
—, «From Schools to University», en J. I. Catto (comp.), *The Early Oxford Schools*, vol. 1 de *The History of the University of Oxford*, dirigida por T. H. Aston, Oxford, Clarendon Press, 1984.
—, *Robert Grosseteste: The Growth of an English Mind in Medieval Europe*, Oxford, Clarendon Press, 1986.
—, *Saint Anselm: A Portrait in a Landscape*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
Stahl, William H., *Roman Science: Origins, Development and Influence to the Later Middle Ages*, Madison, University of Wisconsin Press, 1962.
—, «Aristarchus of Samos», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 1, pág. 246.
Stahl, William H., Richard Johnson y E. L. Burge, *Martianus Capella and the Seven Liberal Arts*, 2 vols., Nueva York, Columbia University Press, 1971-1977.
Stannard, Jerry, «Medieval Herbals and Their Development», *Clio Medica*, n.° 9, 1974, págs. 23-33.
—, «Natural History», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 429-460.
—, «Albertus Magnus and Medieval Herbalism», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980, págs. 355-377.
Steneck, Nicholas H., *Science and Creation in the Middle Ages: Henry of Langenstein (d. 1397) on Genesis*, Notre Dame, Ind., University of Notre Dame Press, 1976.
Stevens, Wesley M., *Bede's Scientific Achievement*, Jarrow upon Tyne, Parish of Jarrow, 1986.
Stock, Brian, *Myth and Science in the Twelfth Century: A Study of Bernard Silvester*, Princeton, Princeton University Press, 1972.
—, «Science, Technology, and Economic Progress», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 1-51.
—, *The Implications of Literacy: Written Language and Models of Interpretation in the Eleventh and Twelfth Centuries*, Princeton, Princeton University Press, 1983.
Swerdlow, Noel M. y Otto Neugebauer, *Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus*, 2 partes, Nueva York, Springer, 1984.
Sylla, Edith Dudley, «Medieval Concepts of the Latitude of Forms: The Oxford Calculators», *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge*, n.° 40, 1973, págs. 225-283.
—, «Compounding Ratios: Bradwardine, Oresme, and the First Edition of Newton's *Principia*», en Everett Mendelsohn (comp.), *Transformation and Tradi-*

tion in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen, Cambridge, Cambridge University Press, 1984, págs. 11-43.
—, «Science for Undergraduates in Medieval Universities», en Pamela O. Long (comp.), *Science and Technology in Medieval Society*, Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 441, Nueva York, New York Academy of Sciences, 1985, págs. 171-186.
—, «Galileo and the Oxford *Calculatores*: Analytical Languages and the Mean-Speed Theorem for Accelerated Motion», en William A. Wallace (comp.), *Reinterpreting Galileo*, Washington, D. C., Catholic University of America Press, 1986, págs. 53-108.
Symonds, John Addington, *Renaissance in Italy*, parte I: *The Age of the Despots*; parte II: *The Revival of Learning*, Nueva York, Henry Holt, 1888.
Tachau, Katherine H., *Vision and Certitude in the Age of Ockham: Optics, Epistemology and the Foundation of Semantics, 1250-1345*, Leiden, Brill, 1988.
Talbot, Charles H., *Medicine in Medieval England*, Londres, Oldbourne, 1967.
—, «Medicine», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 391-428.
Taylor, F. Sherwood, *The Alchemists*, Nueva York, Henry Schuman, 1949 (trad. cast.: *La alquimia y los alquimistas*, Barcelona, AHR, 1976).
Temkin, Owsei, «On Galen's Pneumatology», *Gesnerus*, n.° 8, 1951, págs. 180-189.
—, «Greek Medicine as Science and Craft», *Isis*, n.° 44, 1953, págs. 213-225.
—, *Galenism: Rise and Decline of a Medical Philosophy*, Ithaca, Cornell University Press, 1973.
—, *The Double Face of Janus and Other Essays in the History of Medicine*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1977.
Tester, Jim, *A History of Western Astrology*, Woodbridge, Suffolk, Boydell, 1987.
Tolomeo, Claudio, *Tetrabiblos*, F. E. Robbins (comp.), Londres, Heinemann, 1948 (trad. cast.: *Tetrabiblos*, Madrid, Barath, 1987).
—, *Ptolemy's Almagest*, G. J. Toomer (comp.), Nueva York, Springer, 1984.
—, *L'Optique de Claude Ptolémée*, Albert Lejeune (comp.), Leiden, Brill, 1989.
Tomás de Aquino, *Summa Theologiae*, edición Blackfriars, vol. 10, *Cosmogony*, William A. Wallace (comp.), Nueva York, McGraw-Hill, 1967 (trad. cast.: *Suma teológica*, vol. 10, Madrid, Biblioteca de Autores Cristianos, 1955).
—, *Faith, Reason and Theology: Questions I-IV of His Commentary on the De Trinitate of Boethius*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1987.
Tomás de Aquino, Siger de Brabante y Buenaventura, *On the Eternity of the World*, col. «Medieval Philosophical Texts in Translation», vol. 16, Milwaukee, Marquette University Press, 1964.
Thorndike, Lynn, *Science and Thought in the Fifteenth Century*, Nueva York, Columbia University Press, 1929.
—, *University Records and Life in the Middle Ages*, Nueva York, Columbia University Press, 1944.

—, *A History of Magic and Experimental Science*, 8 vols., Nueva York, Columbia University Press, 1923-1958.
—, *Michael Scot*, Londres, Nelson, 1965.
Toomer, G. J., «A Survey of the Toledan Tables», *Osiris*, n.° 15, 1968, págs. 1-174.
—, «Mathematics and Astronomy», en J. R. Harris (comp.), *The Legacy of Egypt*, 2ª ed., Oxford, Clarendon Press, 1971, págs. 27-54.
—, «Heraclides Ponticus», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 202-205.
—, «Hipparchus», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 205-224.
—, «Ptolemy», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 11, págs. 186-206.
Toulmin, Stephen y June Goodfield, *The Fabric of the Heavens: The Development of Astronomy and Dynamics*, Nueva York, Harper, 1961.
Ullmann, Manfred, *Islamic Medicine*, Edimburgo, Edinburgh University Press, 1978.
—, «Al-Kīmiyā'», *The Encyclopaedia of Islam* (1913-1936), nueva edición, Leiden, E. J. Brill, 1987, vol. 5, fasc. 79-80, págs. 110-115.
Unguru, Sabetai, «On the Need to Rewrite the History of Greek Mathematics», *Archive for History of Exact Sciences*, n.° 15, 1975, págs. 67-114.
—, «History of Ancient Mathematics: Some Reflections on the State of the Art», *Isis*, n.° 70, 1979, págs. 555-565.
Van der Waerden, B. L., *Science Awakening: Egyptian, Babylonian and Greek Mathematics*, Nueva York, John Wiley, 1963.
—, «Mathematics and Astronomy in Mesopotamia», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 15, págs. 667-680.
Van der Waerden, B. L., con Peter Huber, *Science Awakening II: The Birth of Astronomy*, Leyden, Noordhoff, 1974.
Van Helden, Albert, «The Invention of the Telescope», *Transactions of the American Philosophical Society*, Filadelfia, American Philosophical Society, 1977, vol. 67, parte 4.
—, *Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*, Chicago, University of Chicago Press, 1985.
Vansina, Jan, *The Children of Woot: A History of the Kuba Peoples*, Madison, University of Wisconsin Press, 1978.
—, *Oral Tradition as History*, Madison, University of Wisconsin Press, 1985 (trad. cast.: *La tradición oral*, Cerdanyola, Labor, 1968).
Van Steenberghen, Fernand, *Les oeuvres et la doctrine de Siger de Brabant*, París, Palais des Académies, 1938.
—, *Aristotle in the West*, Lovaina, Nauwelaerts, 1955.
—, *The Philosophical Movement in the Thirteenth Century*, Londres, Nelson, 1955.

—, *Thomas Aquinas and Radical Aristotelianism*, Washington, D. C., Catholic University of America Press, 1980.
Verbeke, G., «Simplicius», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 12, págs. 440-443.
—, «Themistius», *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 13, págs. 307-309.
Veyne, Paul, *Did the Greeks Believe in Their Myths?*, Chicago, University of Chicago Press, 1988.
Vickers, Brian (comp.), *Occult and Scientific Mentalities in the Renaissance*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
Vlastos, Gregory, *Plato's Universe*, Seattle, University of Washington Press, 1975.
Voigts, Linda E., «Anglo-Saxon Plant Remedies and the Anglo-Saxons», *Isis*, n.° 70, 1979, págs. 250-268.
Voigts, Linda E. y Robert P. Hudson, «"A drynke that men callen dwale to make a man to slepe whyle men kerven hem": A Surgical Anesthetic from Late Medieval England», en Sheila Campbell (comp.), *Health, Disease and Healing in Medieval Culture*, Nueva York, St. Martin's Press, en preparación.
Voigts, Linda E. y Michael R. McVaugh, «A Latin Technical Phlebotomy and Its Middle English Translation», *Transactions of the American Philosophical Society*, Filadelfia, American Philosophical Society, 1984, vol. 74, parte 2.
Von Grunebaum, G. E., *Islam: Essays in the Nature and Growth of a Cultural Tradition*, 2ª ed., Londres, Routledge & Kegan Paul, 1961.
—, *Classical Islam: A History 600-1258*, Chicago, Aldine, 1970.
Von Staden, Heinrich, «Hairesis and Heresy: The Case of the *haireseis iatrikai*», en Ben F. Meyer y E. P. Sanders (comps.), *Jewish and Christian Self-Definition*, vol. 3, *Self-Definition in the Graeco-Roman World*, Londres, SCM Press, 1982, págs. 76-100 y 199-206.
—, *Herophilus: The Art of Medicine in Early Alexandria*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.
Vööbus, Arthur, *History of the School of Nisbis*, col. «Corpus scriptorum Christianorum orientalium», vol. 266, Lovaina, Secrétariat du CorpusSCO, 1965.
Wagner, David L. (comp.), *The Seven Liberal Arts in the Middle Ages*, Bloomington, Indiana University Press, 1983.
Wallace, William A., *Causality and Scientific Explanation*, 2 vols., Ann Arbor, University of Michigan Press, 1972-1974.
—, «The Philosophical Setting of Medieval Science», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, págs. 91-119, Chicago, University of Chicago Press, 1978.
—, «Aristotle in the Middle Ages», *Dictionary of the Middle Ages*, Nueva York, Scribner's, 1970-1980, vol. 1, págs. 456-469.
—, *Prelude to Galileo: Essays on Medieval and Sixteenth-Century Sources of Galileo's Thought*, col. «Boston Studies in the Philosophy of Science», vol. 62, Dordrecht, Reidel, 1981.

—, *Galileo and His Sources: The Heritage of the Collegio Romano in Galileo's Science*, Princeton, Princeton University Press, 1984.
— (comp.), *Reinterpreting Galileo*, col. « Studies in Philosophy and the History of Science», vol. 15, Washington, D. C., Catholic University of America Press, 1986.
—, «Thomism and Its Opponents», *Dictionary of the Middle Ages*, Joseph R. Strayer (comp.), Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1982-1989, vol. 12, págs. 38-45.
Walzer, Richard, «Arabic Transmission of Greek Thought to Medieval Europe», *Bulletin of the John Rylands Library*, n.° 29, 1945-1946, págs. 160-183.
Waterlow, Sarah, *Nature, Change, and Agency in Aristotle's «Physics»*, Oxford, Clarendon Press, 1982.
Wedel, Theodore Otto, *The Medieval Attitude toward Astrology, Particularly in England*, New Haven, Yale University Press, 1920.
Weinberg, Julius, *A Short History of Medieval Philosophy*, Princeton, Princeton University Press, 1964 (trad. cast.: *Breve historia de la filosofía medieval*, Madrid, Cátedra, 1987).
Weisheipl, James, «The Concept of Nature», *The New Scholasticism*, n.° 28, 1954, págs. 377-408.
—, *The Development of Physical Theory in the Middle Ages*, Nueva York, Sheed and Ward, 1959.
—, «The Celestial Movers in Medieval Physics», *The Thomist*, n.° 24, 1961, págs. 286-326.
—, «Curriculum of the Faculty of Arts at Oxford in the Fourteenth Century», *Mediaeval Studies*, n.° 26, 1964, págs. 143-185.
—, «Classification of the Sciences in Medieval Thought», *Medieval Studies*, n.° 27, 1965, págs. 54-90.
—, «The Principle *Omne quod movetur ab alio movetur* in Medieval Physics», *Isis*, n.° 56, 1965, págs. 26-45.
—, «Developments in the Arts Curriculum at Oxford in the Early Fourteenth Century», *Mediaeval Studies*, n.° 28, 1966, págs. 151-175.
—, *Friar Thomas d'Aquino: His Life, Thought and Works*, Garden City, Doubleday, 1974.
—, «The Nature, Scope and Classification of the Sciences», en David C. Lindberg (comp.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, University of Chicago Press, 1978, págs. 461-482.
—, «The Life and Works of St. Albert the Great», en James A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980*, Toronto, Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980, págs. 13-51.
—, «Science in the Thirteenth Century», en J. I. Catto (comp.), *The Early Oxford Schools*, vol 1 de *The History of The University of Oxford*, T. H. Aston (dir.), Oxford, Clarendon Press, 1984, págs. 435-469.

—, *Nature and Motion in the Middle Ages*, William E. Carroll (comp.), Washington, D. C., Catholic University of America Press, 1985.
Wetherbee, Winthrop, *The Cosmographia of Bernardus Silvestris*, Nueva York, Columbia University Press, 1973.
—, «Philosophy, Cosmology and the Twelfth-Century Renaissance», en Peter Dronke (comp.), *A History of Twelfth-Century Western Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988, págs. 21-53.
White, Lynn, Jr., *Medieval Technology and Social Change*, Oxford, Oxford University Press, 1962 (trad. cast.: *Tecnología medieval y cambio social*, Barcelona, Paidós, 1990).
White, T. H., *The Bestiary: A Book of Beasts*, Nueva York, G. P. Putnam's Sons, 1954.
Whitney, Elspeth, «Paradise Restored: The Mechanical Arts from Antiquity through the Thirteenth Century», *Transactions of the American Philosophical Society*, Filadelfia, American Philosophical Society, 1990, vol. 80, parte 1.
William, Daniel (comp.), *The Black Death: The Impact of the Fourteenth-Century Plague*, Binghamton, Center for Medieval & Early Renaissance Studies, 1982.
Wilson, Curtis, *William Heytesbury: Medieval Logic and the Rise of Mathematical Physics*, Madison, University of Wisconsin Press, 1960.
Wilson, H. G., *Scholars of Byzantium*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1983.
Wippel, John F., «The Condemnations of 1270 and 1277 at Paris», *Journal of Medieval and Renaissance Studies*, n.º 7, 1977, págs. 169-201.
Witelo, *Witelonis Perspectivae liber primus: Book I of Witelo's «Perspectiva»: An English Translation with Introduction and Commentary and Latin Edition of the Mathematical Book of Witelo's «Perspectiva»*, edición a cargo de Sabetai Unguru, col. «Studia Copernicana», vol. 15, Wrocław, Ossolineum, 1977.
—, *Witelonis Perspectivae liber quintus: Book V of Witelo's Perspectiva: An English Translation with Introduction and Commentary and Latin Edition of the First Catoptrical Book of Witelo's Perspectiva*, A. Mark Smith (comp.), col. «Studia Copernicana», vol. 23, Wroctaw, Ossolineum, 1983.
Wolff, Michael, «Philoponus and the Rise of Preclassical Dynamics», en Richard Sorabji (comp.), *Philoponus and the Rejection of Aristotelian Science*, Londres, Duckworth, 1987, págs. 84-120.
Wolfson, Harry Austryn, *Crescas' Critique of Aristotle: Problems of Aristotle's «Physics» in Jewish and Arabic Philosophy*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1929.
Woodward, David, «Medieval *Mappaemundi*», en J. B. Harley y David Woodward (comps.), *The History of Cartography*, vol. 1, *Cartography in Prehistoric, Ancient and Medieval Europe and the Mediterranean*, Chicago, University of Chicago Press, 1987, págs. 286-370.

Wright, John Kirtland, *The Geographical Love of the Time of the Crusades: A Study in the History of Medieval Science and Tradition in Western Europe*, Nueva York, American Geographical Society, 1925.

Yates, Frances A., *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1964 (trad. cast.: *Giordano Bruno y la tradición hermética*, Barcelona, Ariel, 1994).

—, «The Hermetic Tradition in Renaissance Science», en Charles Singleton (comp.), *Art, Science and History in the Renaissance*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1968, págs. 255-274.

Zimmermann, Fritz, «Philoponus' Impetus Theory in the Arabic Tradition», en Richard Sorabji (comp.), *Philoponus and the Rejection of Aristotelian Science*, Londres, Duckworth, 1987, págs. 121-129.

Zinner, Ernst, «Die Tafeln von Toledo», *Osiris*, n.º 1, 1936, págs. 747-774.

Índice analítico y de nombres

'Abbās, al-, 218
'Abbāsíes, 218, 228, 233-234
'Abd al-Rahmān, 259
'Alī ibn 'Abbās al-Majūsī (Haly Abbās):
  escritos médicos de, 416, 430
  Pantegni, 409, 410
Ábaco, 242
Abelardo, Pedro, 249-250
  Sic et non, 250
Abelardo, Pedro, *Sentencias*, 332
Abū Ma'shar (Albumasar), *Introducción a la ciencia de la astrología*, 351-352
Academia (de Platón), 62, 75, 106-108, 116, 270
Aceleración, 462
  de los cuerpos en caída, 383
Acomodación, principio de, en la exégesis bíblica, 328, 330
Actualidad y potencialidad, 81, 284
Adelardo de Bath, 253, 255, 339
Agricultura:
  comienzos de, 25
  relación de, con la astronomía, 40
Agua:
  como elemento, 56
  como realidad subyacente, 54
Agustín, 251-253
  sobre la astrología, 349-350
  y la tradición científica, 199-201, 206, 287-288
Aire:
  como elemento, 56
  como realidad subyacente, 54
Alá, 217
Albategnius, *véase* Battānī, al-
Alberto Magno, 289-294, 297
  Acerca de los animales, 439
  Acerca de los vegetales, 438
  conocimiento biológico de, 292
  sobre la naturaleza del movimiento, 368-369
  y la tradición aristotélica, 290-293
Albumasar, *véase* Abū Ma'shar
Alcuino de York, 237-238
Alejandría, 103, 164, 169-170, 179, 213, 220
  biblioteca de, 109, 137-138
  escuelas de, 108-109
  Museo de, 109, 138
Alejandro de Afrodisia, 113
Alejandro de Tralles, 401
Alejandro Magno, 75, 108

campañas militares de, 103, 179, 213-214, 216-217
Alfonso X de Castilla, 344
Álgebra, 38n.
Alhacén, *véase* Ibn al-Haytam
Alma:
como la forma del cuerpo, 280, 293
del mundo, 71, 119
teoría de Alberto Magno del, 292-293
teoría de Aristóteles del, 97, 101, 280, 284, 293, 459
teoría de Avicena del, 293
teoría de Platón del, 293
teoría de Siger de Brabante, 298
teoría de Tomás de Aquino del, 296
teoría estoica del, 118-119
Alpetragius. *véase* Bitrūjī, al-
Alquimia, 86, 363-365, 463
Alteración, 367
Amintas II, 75
Amor y discordia, como principios cosmológicos, 57, 60
Anatomía, humana, 163-165, 172, 429
relevancia de, para la práctica médica, 163-164, 167, 171, 429
Anaxágoras, 51, 61
Anaximandro, 51-52, 54
Anaxímenes, 52, 54
Andrés de San Víctor, 255
Andrónico de Rodas, 111-113
Anestésicos, 428
Ángeles, 316-319
Animales, clasificación de Aristóteles de, 95-96
Animismo, 71
Anselmo de Bec (Canterbury), 247-250
Anticrates de Cnido, 155
Antiguo Testamento, 221
Antíoco de Ascalón, 186
Antípodas, 323
Antonino Pío, 109
Ápeiron, como realidad última, 54
Apolonio de Perga, 126
sobre el movimiento planetario, 137
Apropiación, tesis de la, 226
Aquiles, 368-369
Aquino, Tomás, 290, 294-297, 299-300, 305-306
Acerca de la eternidad del mundo, 296
Acerca de la unidad del intelecto, contra los averroístas, 296-298
acerca del movimiento, 381-382
sobre la combinación química, 361
sobre la fe y la razón, 294-297
y la tradición aristotélica, 294-297
Arábigos, númerales, 242
Arameo, 216
Arato de Solos, *Fenómenos*, 183, 187, 195
Arco iris:
teoría de Aristóteles del, 100, 390
teorías medievales del, 321
Aristarco de Samos:
acerca del movimiento planetario, 135-136
sobre las dimensiones cósmicas, 136-137
Aristóteles, 61, 75-101, 106-113, 199, 269, 355, 375
acerca de la figura de la Tierra, 88-89
acerca de la forma y la materia, 78-80, 97, 356-359
acerca de la potencialidad y la actualidad, 81
acerca de la realidad subyacente, 77-78
acerca de la vida marina, 96
acerca del alma, 97, 101
acerca del arco iris, 390
acerca del cambio y la estabilidad, 80-82
acerca del corazón, 99
acerca del lugar natural, 87-89
acerca del movimiento, 86, 89-91, 368, 371, 380-381
biblioteca de, 111

condena de, 275-276
en el currículum medieval, 274-277, 285, 306
Logros científicos de, valorados, 100-101
obras:
Acerca del alma, 212, 221, 285
Acerca del cielo, 85, 90, 101, 212,
Analíticos segundos, 284-285
escritos lógicos, 197, 216, 241, 246, 273, 284
escritos zoológicos, 439
Ética, 290
Física, 90-91, 100, 212, 221, 261, 285, 290-291, 367, 370-371, 380-382
Investigación sobre los animales, 95
Partes de los animales, 176
Metafísica, 221, 285, 332
Meteorológicos, 100, 185, 212, 261, 285, 261, 332,
Sobre la generación de los animales, 97
Sobre la generación y la corrupción, 212, 221, 261, 286
Sobre la sensación y lo sensible, 286
Sobre los animales, 286
respuesta de, a la teoría de las formas de Platón, 77
sobre el movimiento planetario, 93-94, 133-134, 144, 337-338
sobre la anatomía humana, 95
sobre la biología, 94-100, 284, 365, 367
sobre la causalidad, 83-84
sobre la clasificación de los animales, 95-96
sobre la combinación química, 360-362
sobre la cosmología, 84-89, 230
sobre la cuantificación del movimiento, 90-91, 371, 380
sobre la distinción entre matemáticas y física, 122
sobre la epistemología, 78-80
sobre la fisiología animal, 96
sobre la función de los pulmones, 99
sobre la generación orgánica, 97-99
sobre la incubación de un huevo de ave, 96
sobre la influencia celeste, 347, 351
sobre la zoología, 94-99
sobre las ciencias medias (o mixtas), 122
sobre los elementos, 85, 357-358
sobre luz y la visión, 101, 389, 394-395
sobre sus predecesores, 53-54, 57
valoración medieval de, 458-460
vida y educación, 75
Véase también Pseudo-Aristóteles
Aritmética, 194
Arquímedes, 221
como matemático, 125-126
escritos matemáticos de, 262
Sobre el equilibrio de los planos, 150-151
sobre la aplicación de las matemáticas a la naturaleza, 150-151, 371
sobre la ley de la palanca, 149-151
Sobre los cuerpos flotantes, 151
Arterias, 144-166, 172-175, 422
Artes liberales, 185, 198, 206, 209, 239, 245, 263, 266, 288
Articella, 416, 421
Asclepiades de Bitinia, 169
Asclepio, 154-156, 162, 177
Asís, 282
Astrolabio, 242-243, 260, 334-336
transmisión del, al cristianismo, 339
Astrología, 187, 209, 262, 269, 280, 287-288, 292, 301, 304, 346-353, 463
babilónica, 35, 40-41
horoscópica, 40-41, 346, 350
judiciaria, 41
medieval, 257-258
orígenes de la, 35
relación de, con la medicina, 403, 415, 422, 426

relaciones de, con la astronomía, 40-41, 333
relaciones de, con la peste, 424, 426
relaciones de, con la religión, 40-41
Astronomía:
Aristóteles sobre la, 91-93
babilonia, 35, 40-41, 137-138
como el arte de construir modelos matemáticos, 131-132, 143-144, 330-332, 334, 336, 338
como explicación física, 133, 143-144, 330-332, 336, 337
como tema universitario, 269
como un arte cuantitativo, 132, 138, 339, 343-344
de Platón, 69-70
en el currículum universitario, 341-344
europea medieval, 338-345
griega, 137-144
india, 229, 332
interpretación instrumentalista de la, 330-331
islámica, 229-230, 231, 332-338
medieval inicial, 242
objetivos cuantitativos de la, 132
orígenes de la, 35
persa, 332
relaciones de, con el calendario, 126-127, 333, 338
relaciones de, con la agricultura, 40
relaciones de, con la astrología, 40-41, 333
relaciones de, con la cosmología, 319, 332
relaciones de, con la religión, 40
romana, 189, 192, 194-195
Astronomía heliocéntrica, de Aristarco de Samos, 135
Atenas, 116, 184
Atenea, 46
Atomismo, 114, 362, 454-455
en medicina, 169
geométrico, 68-69, 121
Atomistas, 55
acerca del cambio y la estabilidad, 60
sobre la luz y la visión, 145, 389
Átomos, 55, 60, 114-117, 363
Atto, 241, 242
Aumento y disminución, 367
Aurillac, 241
Autólico de Pitane, 371
Averroes, *véase* Ibn Rušd
Avicebrón (Ibn Gabirol), 359
Avicena, *véase* Ibn Sīnā

Bacon, Francis, *Novum Organum*, 446
Bacon, Roger, 285-288, 290, 291-292
acerca del movimiento, 382
clases de, sobre Aristóteles, 277, 285
Opus maius, 287
sobre la luz y la visión, 394-395
sobre las esferas planetarias, 343
Bactria, 103, 213, 218
Bagdad, 218-221
Bajtīšū', familia, 220
Balanza, 371
Barmak, familia, 218, 434
Basilio de Cesarea, 404
Battānī al- (Albagtenius), sobre la astronomía, 230, 320, 333
Beda, 209-210, 237
Acerca de la naturaleza de las cosas, 208-209
Historia eclesiástica de la nación inglesa, 209, 406
Benito de Nursia (san), 203, 294
Bernardo de Claraval, 250, 404
Bernardo de Chartres, 246
Bernardo de Verdún, sobre las esferas planetarias, 343
Bernardo Silvestre, 253

Bestiarios, 440-443
Biblioteca de Alejandría, 109, 137-138
Biología, *véanse* Anatomía, humana; Botánica; Historia natural; Medicina;
Bitrūǧī, al-(Alpetragius), como crítico de los modelos planetarios de Ptolomeo, 337-338
Bizancio, 211, 220
Bobbio, 241
Boecio de Dacia, *Acerca de la eternidad del mundo*, 298-299
Boecio de Sidón, 113
Boecio, 236-237, 241-242, 247, 251, 258, 284
  Aritmética, 240
  como traductor, 197, 261
  obras lógicas de, 241
Bolonia, 374
  como centro educativo, 245, 263
  universidad de, 265-266, 415, 417, 426, 431
Botánica, 110, 292, 436-438
Boyle, Robert, 454
Bradwardine, Tomás, 315, 372, 462
  acerca del movimiento, 385-388
Brújula, 347
Buenaventura, 288, 290, 296, 299
Burckhardt, Jacob, *The Civilization of the Renaissance in Italy*, 447
Buridán, Juan, 319, 327
  acerca de la posible rotación de la Tierra, 459
  acerca del movimiento, 370, 382-383
  Cuestiones acerca de la filosofía de Aristóteles, 306

Caída de los cuerpos, 81, 212, 384-385, 462
  aceleración de, 383
  Aristóteles. sobre la, 90, 380-381, 384-385
  causa de la, 380-382, 385
  Estratón sobre la aceleración, 112
Calcidio, 197, 246, 251, 312
Cálculo de vejiga, 427-428
Calendario, 206, 209, 237, 269, 287
  babilonio, 40
  egipcio, 37
  griego, 126-127
Calipo de Cizico, acerca del movimiento planetario, 13
Calor vital:
  Aristóteles sobre el, 98-99
  Galeno sobre el, 173-174
  Teofrasto sobre el, 110
Cambio:
  clases de, 367
  el problema del, 58-60, 65, 68, 72, 80-82
  teoría de Aristóteles del, 80-82, 365, 367
Cambridge, universidad de, 374
Campanus de Novara:
  sobre las dimensiones del cosmos, 320
  sobre las esferas planetarias, 343
Canterbury, arzobispo de, 305
Carlomagno, 237-238
Carlos el Calvo, 238
Cartago, 199
Cartografía, 325-326
Casa de la Sabiduría, 220, 332
Casiodoro, 206m 208m 401
Cataratas, 427-428
Causa final, 93-94, 114
  definida, 83-84
  en la biología de Aristóteles, 97-98.
  Véase también Teleología
Causalidad:
  concepciones prehistóricas de la, 28-30
  divina, 46-51, 54, 56, 67, 71, 154, 158, 162, 293
  natural *versus* sobrenatural, 252-253, 255
  primeras concepciones griegas de la, 48-50

teoría de Aristóteles, 81-84, 284
teoría europea de la, 114-115
teorías de la, 301, 308, 314
Causas seminales, 253
Cauterio, 427
Caverna, alegoría de Platón de la, 64
Celso, 164, 168
sobre la medicina, 400
Cerebro, 172, 175
anatomía del, 164-165
Cetrería, 439
Cicerón, 184-188, 195, 241, 246
obras lógicas de, 241
Sobre la adivinación, 119
Sobre la naturaleza de los dioses, 251
Sueño de Escipión, 193
Ciclo metónico, 126
Ciencia:
bizantina, 211-212
definida, 21-25
difusión oriental, 213-217
islámica, 222-234, 241-243
lugar de la, en la cultura romana, 183-184
Ciencia babilónica, *véase* Ciencia mesopotámica
Ciencia mesopotámica, 36-42, 44
influencia de, sobre la griega, 44, 136-137
Ciencia romana, 169-177, 179-201, 399-400, 403-404
relación de, con la ciencia griega, 179-182, 195-198
Ciencias medias (o mixtas), 122
Cinemática, 374-380, 459, 462
definida, 372
Circunferencia de la Tierra, 88, 137, 185, 192, 312, 321
Cirugía, 42, 408, 426-430
Cirujanos, 426, 429
Clagett, Marshall, acerca del logro científico medieval, 449
Clarembald de Arras, 253
Cleanto de Asos, 116
Clodoveo, 401
Cnido, 127
Cohesión, explicación estoica, 117-119
Colón, Cristóbal, 186, 321n.
Colonia, escuela dominica en, 290
Combinación, química, 360-362
Cometas, 321
Aristóteles sobre los, 100
Cómodo, 170
Complexión, 350, 418-419
Computus, 209
Condenas de 1270 y 1277, 299-306, 315, 353, 370, 458
Condorcet, marqués de, 446-447
Conocimiento, concepciones prehistóricas del, 33. *Véase también* Epistemología
Constantino el Africano, 260, 292, 410, 411
Constantinopla, 211, 434
Continentes, 321-324
Contingencia de la naturaleza, 309
Continuidad, debate de, 356, 445, 446n., 448-456, 460-464
Contrarios, 85, 284
Copérnico, Nicolás, 135, 141-143, 195, 230, 344, 463
Corán, 217, 224
Corazón, 166, 173-175, 421-422
anatomía del, 164-165
como centro vital del cuerpo, 174
como sede de la sensación y la emoción, 99
como sede de las pasiones, 172
teoría de Aristóteles del, 99
Córdoba, 233-234, 259
Corinto, 169, 179
Cosmogonía, 28-31
de Robert Grosseteste, 285
homérica, 46
medieval, 252-253, 255, 311-330

Cosmología, 51, 63, 135-137, 319-320
aristotélica, 84-89, 284, 313-316, 319, 326-327, 347
de Robert Grosseteste, 313
del siglo XII, 312
epicúrea, 114-116
estoica, 119-120, 347
medieval inicial, 209
medieval, 252-253, 255
pitagórica, 135
platónica, 66-71, 251-252, 312-313, 347
relaciones de la, con la astronomía, 319, 332
Cosroes I, 215
Cosroes II, 215
Creación, 252-253, 278-279, 285, 298-299, 301, 312-313, 316
Crisipo de Solos, 116
Cristianismo:
relaciones de, con la ciencia, 198-201, 208, 211-212, 214-216, 252-256, 275-276, 446-448, 456-458
relaciones de, con la tradición aristotélica, 291-297, 301-302, 305, 314-317
y alfabetización, 199
y educación, 198-203
y la tradición aristotélica, 278-280, 284, 287-288, 290-291
y la tradición clásica, 199-200, 203-204, 206-208, 237, 275-276, 457-458, 458n.
Crombie, Alistair:
acerca del logro científico medieval, 453-454
y el debate de la continuidad, 449-450
Cronometría, 237, 333
Cruzadas, 243, 260, 434
Cuadrante (astronómico), 230, 333-334, 340
Cuadrivio, 206, 240, 242, 245, 269
definido, 185
Cualidades:
cantidad de las, 374
intensidad de las, 373-376
intensificación y remisión de las, 373-374
las cuatro primarias o básicas, 85-86, 159, 161, 171, 358, 363, 418
secundarias, 454
Cuatro causas, en Aristóteles, 83, 97
Cultura oral, 26-33
Currículum:
de las escuelas griegas, 105
de las escuelas medievales, 244-247, 251
de las escuelas monásticas, 206
de las escuelas romanas, 201
de las universidades medievales, 267, 269-270, 274-277, 306, 458
Cuthbert, 406
Chartres, 248
escuela episcopal de, 245, 252
estudios de medicina en, 415

Damasco, 218
Declinación, en la filosofía epicúrea, 115-116
Deducción, 79
Deferente, *véase* Epiciclo-deferente, modelo del movimiento planetario del
Demetrio de Falero, 108
Demiurgo, 63, 67, 71, 17, 199, 258, 347
Demócrito, 51, 55, 60-61, 115
Demostración:
aristotélica, 79, 453
euclídea, 124
Descartes, René, 454
Determinismo, 301-304, 307-308, 459
astrológico, 257-258, 288, 349-350, 353
en el atomismo antiguo, 115-116, 119
en la filosofía estoica, 119
en la filosofía natural de Aristóteles, 279-280, 303-304, 459
Diagnosis (médica), 44, 160-161, 170-171, 421-424

Días críticos, 426
Dieta, como terapia médica, 160
Digestión, 165
Digesto, 246
Diluvio de Noé, 293, 297
Dinámica, 89-92, 384-385, 459, 462
  definida, 372
  «ley» de la, 91, 386-388
Dinastía ptolemaica, 109, 138
Dioptra, 137
Dios o dioses:
  como agente(s) causal(es), 46-51, 54, 56, 67, 71, 154, 162, 255-256, 288, 293, 301, 304, 308, 312, 361, 403
  como creador y mantenedor del universo, 252-253, 455
  como deidades planetarias, 258, 347, 350
  como primer motor, 318
  en Egipto y Mesopotamia, 40-41
  en el pensamiento de Aristóteles, 93, 99, 279, 318, 347
  en el pensamiento de Galeno, 177
  en el pensamiento de Platón, 67-68, 71, 347
  en las culturas prehistóricas, 28-31
  existencia de, probada, 249, 295-296
  identificado con la naturaleza, 187
  olímpicos, 45-46, 48, 54, 67
  visión estoica de, 118-119, 187.
  Véanse también Alá; Demiurgo; Primer motor
Dioscórides, *De materia medica*, 400, 402, 407, 420, 438
Disección:
  de un cerdo, 431
  humana, 163-164, 171, 431-432.
  Véase también Anatomía humana
Dogmáticos (escuela de médicos), 167
Dominica, orden, 283, 290, 294
Doxográfica, tradición, 110, 186, 197
Duhem, Pierre, 227-228, 302, 314, 449
  acerca del logro científico medieval, 448
  acerca del realismo y el instrumentalismo en astronomía, 330-331
Dumbleton, John de , 372
Duramáter, 164

Ebers, papiro de, 43
Ebstorf, mapa de, 323
Eclipses, 50, 88, 137, 192, 342
  predicción de, atribuida a Tales, 52
Eclíptica, 341
  definición de, 69, 128
Ecuador celeste, 128, 334
Ecuante, modelo del movimiento planetario del, 142-143, 342
Edad Media, definida, 235
Edad oscura, concepción de la, 235, 445-448
Edessa, 214
Educación:
  carolingia, 236-238
  griega, 45, 49, 62, 103-113
  islámica, 226
  medieval, 193, 202-203, 204-208, 236, 244-247, 250, 262-271, 274-277, 282-283
  monástica, 203-208, 237, 244-247
  romana, 182, 201-203.
  Véanse también Currículum; Universidades
Edwin Smith, papiro de, 42
Éfeso, 52, 55, 56
Egipcia (ciencia), 36-37, 41-44
  influencia de, en la ciencia griega, 44
El Cairo, 230, 233
Elea, 58, 181
Elementos, 56, 60, 68, 85, 121, 320, 358, 363
  teoría de Aristóteles de los, 85-86, 357
  teoría de Empédocles de los, 56-57

teoría de Platón de los, 68-69
teoría de Teofrasto de los, 110
teoría estoica de los, 118
teoría medieval de los, 418
teoría pitagórica de los, 57
Elixir, 364-365
Emanación, 285
Empédocles, 51, 56-57, 61, 68
sobre los elementos, 357
Empirismo, 59-60, 56, 78-79, 82, 96, 99-100, 115, 309, 420. *Véanse también* Experiencia; Experimento; Observación; Percepción sensible
Empiristas (escuela de medicina), 167, 169
Empyreum, 317
Enciclopedias, 185, 188, 192-195, 198
Enfermedad:
causas de la, 32, 418
como desequilibrio, 159-160, 161, 171, 418
teoría de Erasistrato de la, 166
teoría de Galeno de la, 171
teoría de Platón de la, 70
teorías hipocráticas de la, 158
teorías sobrenaturales de la, 32, 42, 154, 403-404
Ennio, 184
Enrique II (rey de Inglaterra), 255
Epiciclo-deferente, modelo del movimiento planetario, 139-143, 319, 339-337, 341-342
Epicúrea, tradición, 120, 187
Epicuro, 108, 114-116, 199
acerca del objetivo de la filosofía natural, 114
posible influencia de, sobre Estratón, 112
sobre la cosmología, 117
Epidauro, como centro de culto curativo, 154-155, 157
Epilepsia, 158
Epistemología, 455
de Aristóteles, 79-80
de Parménides, 60
de Platón, 65-66
presocrática, 60-61.
Véanse también Empirismo; Experiencia; Experimento; Racionalismo; Percepción sensible
Equinoccios, 70, 128, 137
Erasistrato de Quíos, 164-167, 169, 174
influencia sobre Galeno, 172
Eratóstenes, 137
Erigena, Juan Scoto, 238-239, 251, 261
Acerca de la naturaleza, 238
Escepticismo, 186, 307
Escritorios, 204, 206
Escritos hipocráticos, 156, 160, 171, 221, 260, 404, 410, 416, 422
disponibilidad de los, en el Islam, 407
influencia de los, en la medicina medieval, 400
influencias de los, en Galeno, 170-171
Sobre el corazón, 174
Sobre la enfermedad sagrada, 158, 161-163
Sobre la medicina antigua, 161
Sobre la naturaleza del hombre, 159, 161, 171
Escritura:
alfabética, 34-36, 52
amplia difusión de la, entre los griegos, 35-36
invención de la, 34-35
jeroglífica, 34
relación de la, con los orígenes de la filosofía y de la ciencia, 35, 52
Escuelas:
atenienses, 106-108, 111-113, 116
carolingias, 236-23
episcopales, 236, 237-238, 244-245
griegas, 105-108, 111-113, 184

islámicas, 226
medievales, 204, 209, 236, 244-247
monásticas, 204-206, 209, 237-238, 244-245
romanas, 201-203.
Véanse también Currículum; Educación; Universidades
Esferas celestes, 70, 92, 127-128, 313-319, 336-338, 342
aristotélicas, 133-134
de Calipo, 133
de Eudoxo, 130-132
Esfericidad de la Tierra, 69, 89, 193, 209, 312, 321
Esmirna, 52, 169
España, 241
reconquista cristiana de, 233
Espejos, 147
Espíritu natural, 173n.
Estaciones, 348, 349
Estagira, 75
Estoicos, 116-120
acerca del alma, 118-119
acerca del espacio vacío,117
acerca del pneuma, 118-119
influencia de los, 120, 170, 176, 315-316
sobre la cohesión, 117
sobre la conflagración y regeneración del cosmos, 119, 187
sobre la continuidad de la materia, 117
sobre la cosmología, 119
sobre la divinidad, 118
Estrabón, 111
Estratón de Lampsaco, 109, 111-112
acerca del lugar y el espacio, 112
acerca del movimiento, 112
acerca del vacío, 112
como jefe del Liceo, 111
corpuscularismo de, 112
sobre la aceleración de los cuerpos en caída, 112
sobre la luz, 112
sobre los cuerpos pesados y ligeros, 111-112
Estrellas, 137
Estudios médicos, 263, 266, 267, 269, 306
Eternidad del universo, 84, 119, 212, 278, 288, 292, 296-298, 301, 459
Euclides, 125 150, 292, 375
Catóptrica, 261
Elementos, 123-125, 197, 221, 261, 274
Óptica, 145-146, 389
sobre la luz y la visión, 148, 389, 394-395
Euclidiana, demostración, 124
Eudoxo, 125
escritos astronómicos, 183
sobre el movimiento planetario, 93, 127-133, 138-139
sobre la exigencia del movimiento circular uniforme en los cielos, 131-132
Evaporación, 321
Ex herbis feminis, 401
Excéntrica, modelo de la, del movimiento planetario, 139, 143
Exhausción, método de:
en Arquímedes, 125
en Euclides, 125
Experiencia, 161, 388. *Véanse también* Empirismo; Epistemología; Experimento; Observación; Percepción sensible
Experimento, 22, 148-149, 161, 388, 449-451, 453-455
actitud de Aristóteles hacia el, 82.
Véanse también Experiencia; Observación; Percepción sensible

Facultades de medicina:
Bolonia, 415, 417, 426, 431
Ferrara, 415
Montpellier, 415, 426
Oxford, 415
Padua, 415

París, 415
Tubinga, 417
Turín, 417
Farghānī, al-, 229, 319, 333
Los rudimentos de la astronomía, 340-341
Farmacología, 42, 154, 175, 400-401, 412, 419-421, 426, 438
Fatimíes, 233
Fe y razón, 247-250, 281, 288, 294-302, 306-307. *Véase también* Racionalismo
Federico II, *Acerca del arte de cazar con aves*, 439
Fedro, el epicúreo, 186
Ferrara, universidad de, 415
Fiebre, 166, 171, 418
Filino de Cos, 167
Filón de Larisa, 186
Filópono, Juan, 113, 212
acerca del movimiento, 381-382, 385-386
Filosofía de la naturaleza, *véase* Ciencia
Filosofía mecánica, 454
Filosofía natural:
definida, 24
relación de, con la ética, 114, 116. *Véase también* Ciencia
Filosofía natural helenística, 103-120
definida, 103
Filosofía, orígenes de la, 50-51
Firmamento, 316-317
Fisiología:
animal, 96-97
humana, 163, 165-167, 169, 172-175
Fluxus formae, 369-370
Forma fluens, 368-370
Forma:
accidental, 357-359, 361, 364
como motor del movimiento natural, 381
corpórea, 359, 313n.
discusiones medievales sobre la, 356-359
elemental, 358
en los cielos, 318
intensificación y remisión de las, 373-374, 421
sustancial, 357, 360-364
teoría de Platón de las, 63-64. *Véase también* Forma y materia
Forma y materia, 284, 288, 318, 360, 455
aplicada al alma, 296
discusiones medievales sobre la, 356-359
teoría aristotélica de la, 78-80, 97, 356, 359, 459
teoría de Averroes de la, 359
teoría de Avicena de la, 359
Fracturas, 161
de cráneo, 428
Franciscana, orden, 282-284, 285, 28, 305, 359, 374
Francisco de Asís (san), 282
Francisco de Marchia, sobre el movimiento, 382
Fuego:
como realidad subyacente, 55
como un elemento activo, 118
como un elemento, 56, 68, 85
Fuerza:
impresa, 319, 381-382
motiva incopórea, 382
teoría del ímpetu de la, 382-383
y movimiento, 91, 384, 386-387

Galeno de Pérgamo, 169-177, 223, 292, 418, 457
Acerca de la utilidad de las partes del cuerpo, 176
Acerca de las manipulaciones anatómicas, 172
Acerca del arte de curar, 171

escritos anatómicos de, 430
escritos médicos de, 221, 260-261, 416, 420-421, 431
influencia de en la medicina medieval, 179
influencia de, en el Islam, 407-408
sobre la anatomía del ojo y la fisiología de la visión, 389-392
sobre la anatomía humana, 432-433
sobre la importancia del conocimiento anatómico, 171, 429
vida y educación de, 179
Galileo Galilei, 66, 328, 382, 448-450, 454, 459, 462, 462n.
y la tradición medieval,
Gassendi, Pierre, 454
Gea, 46, 48
Geber, *véase* Jābir ibn Hayyān
Generación y corrupción, 351, 367
Generación, orgánica, teoría de Aristóteles de la, 97-99
Génesis, 252, 279, 316, 332
Geoffrey Plantagenet, 255
Geografía, 194, 321-326
Geología, 101
Geometría, griega, 123-126
Gerardo de Bruselas, 372
Libro acerca del movimiento, 372
Gerardo de Cremona, 261, 340, 410
Gerberto de Aurillac (papa Silvestre II), 241-243, 245, 259, 339
Giles de Corbeil, 422
Ginecología, 414
Giovanni di Casali, 374
Godofredo de Bussero, 436
Goody, Jack, 35
Gramáticos, estudios, 267
Gregorio de Tours:
Historia de los francos, 237
Gregorio el Grande, 237
Gregorio IX (papa), 275-276
Griega (lengua):
conocimiento de, en la Edad Media, 238
conocimiento de, en Roma, 180-181, 195
Grosseteste, Robert, 284-285, 288, 290, 359, 450
cosmología de, 311-312
esqueleto de, 286
sobre la luz y la visión, 394
Guido de Marchia, sobre las esferas planetarias, 343
Guillermo de Auxerre, 276
Guillermo de Conches, 255-256, 281
Filosofía del mundo, 255
Guillermo de Moeberke, 262
Guy de Chauliac, *Chirurgia Magna*, 427
Gymnastikē, 104-105

Hakam, al-, 233
Haly Abbas, *véase* ʿAlī ibn Abbās al-Majūsī
Hall, A. R., 460-461
sobre la revolución científica, 451
Hārūn-al-Rašīd, 218, 220, 434
Haskins, Charles Homer, acerca del logro científico medieval, 448
Helenización:
de Oriente Próximo, 213-217
del Islam, 218
del norte de África, 213
Hemorragia nasal, 419
Hemorroides, 427
Hera, 45, 56
Heráclides de Ponto:
acerca del movimiento planetario, 135
sobre la rotación diurna de la Tierra, 135
Heráclito de Éfeso, 50-51, 55
acerca del cambio y la estabilidad, 58
Herbarios, 436-439
Heridas, 161
Hermann el Dálmata, 260
Hernia, 412, 427

Herodes el Grande, 113
Herodoto, 36, 51
Herófilo de Calcedonia, 164-167, 169-170, 389
  influencia de, sobre Galeno, 172
Herón de Alejandría, sobre los espejos, 147
Hesíodo, 49-50, 54
  Los trabajos y los días, 45
  sobre las prácticas médicas griegas, 154
  Teogonía, 45, 46, 50
Hexis, teoría estoica de la, 118
Heytesbury, William, 372
Hígado, 421
Hilemorfismo, 78n.
Hiparco, 192, 194
  escritos astronómicos de, 183
  sobre la astronomía como arte cuantitativa, 138
  sobre la duración del mes lunar, 138
  sobre las dimensiones cósmicas, 136
  y la astronomía observacional, 137
Hipócrates de Cos, 156, 157. *Véanse también* Escritos hipocráticos; Juramento hipocrático; Medicina hipocrática
Hipopeda, en la teoría planetaria de Eudoxo, 131, 132
Historia natural, 269, 463
  Aristóteles sobre la, 95-96
  definida, 292, 436-443
Homero, 49-50
  Ilíada, 45
  Odisea, 45, 46
  sobre las prácticas médicas griegas, 154
Honorio de Autun, 253
Horacio, 246
Hospital de San Juan (Jerusalén), 434
Hospital del Brolo (Milán), 436
Hospital Sampson (Constantinopla), 434
Hospitalarios, 434
Hospitales, 215
  cuidado médico en, 436
  orígenes de los, 433-436
Hubayš, 220
Hugo de San Víctor, 251
  Didascalicon, 350
Hugo de Santalla, 260
Humanismo, 257
Humores, cuatro primarios, 159, 171, 418
Hunayn ibn Ishāq, (Johannitius), 220-221, 332, 407, 416
  escritos médicos de, 410
  Libro de los diez tratados del ojo, 222
  sobre la anatomía y fisiología del ojo, 394
Hylē, 78n.

Ibn al-Haytam (Alhacén), 227, 230
  acerca del ecuante, 336
  influencia de, sobre la óptica occidental, 394-395
  Óptica, 274
  sobre la luz y la visión, 390-395, 387
  sobre las esferas planetarias, 336, 337, 343
Ibn ash-Shātir, 231
Ibn Bāŷŷa, (Avempace):
  acerca del movimiento, 385-386
  como crítico de los modelos planetarios de Ptolomeo, 337
Ibn Masawayhī, 220
Ibn Rušd (Averroes), 280, 292, 359
  acerca del movimiento, 368, 381, 385-386
  comentarios aristotélicos de, 262, 276-278, 306
  como crítico de los modelos planetarios de Ptolomeo, 337-338, 343
  cosmología de, 319
  escritos médicos de, 430
  sobre la combinación química, 361
  sobre la luz y la visión, 394

Ibn Sīnā (Avicena), 292, 359
acerca del movimiento, 368, 381
Canon de medicina, 261, 274, 409, 421
comentarios aristotélicos de, 262, 274, 277-278
escritos médicos de, 416, 420, 430
escritos zoológicos, 439
Física (*Sufficientia*), 279
sobre la alquimia, 364
sobre la combinación química, 361
sobre la luz y la visión, 394
Ibn Ṭufayl, como crítico de los modelos planetarios ptolemaicos, 337
Imagen retiniana, teoría de la, 463
Imperio carolingio, 236-239
Ímpetu, 319, 382-383
Imprenta, influencia de la, sobre el conocimiento anatómico, 433
Inconmensurabilidad del lado y la diagonal del cuadrado, 123
Inducción, 79
Inercia, 6, 383
Inmortalidad (del alma humana), 280-281, 288, 293, 297-298, 301
Instrumentos astronómicos, 333-334, 335-336
Instrumentos, científicos, 455. *Véanse también* Astrolabio; Cuadrante; Dioptra
Inteligencias celestes, 93, 318, 361
Ishāq ibn Hunayn, 220-221
Isidoro de Sevilla, 209-210, 237, 324
Acerca de la naturaleza de las cosas, 208, 236
Etimologías, 208, 236, 322
sobre la astronomía, 338
sobre la medicina, 400
Islam, 216
orígenes del, 217-218
relación de, con la ciencia, 222-227, 233-234
y la tradición clásica, 222-229
Ius ubique docendi, (derecho de enseñar en cualquier lugar), 270

Jābir ibn Hayyān (Geber), 364
Jacobo de Venecia, 261
Jardín de Epicuro, 107, 108, 270
Johannitius, *véase* Hunayn ibn Ishāq
Jonia, 52
José el Español, 241
Juan de Sacrobosco (John of Holywood), *La esfera*,, 332, 341-342
Juan de Sevilla, 260, 340
Juan Filópono, *véase* Filópono, Juan
Juan XXII (papa), 306
Julio Cesar, 180
Juramento hipocrático, 158
Justiniano, 108, 215
Jwārizmī al-, 339
Álgebra, 261, 274

Kepler, Johannes, 230, 463
sobre la visión, 397
Kilwardby, Robert, 305, 319
Kindī, al-, 228-229, 292
sobre la luz y la visión, 391, 394
Koyré, Alexandre, 460
y el debate de la continuidad, 450-451, 454
Kuba (tribu africana), 30-32
Kuhn, Thomas, 460
sobre la revolución científica, 451

La Meca, 217
Laon, escuela episcopal de, 245, 249
Legales, estudios, 245-246, 263, 267, 269, 306
Lesbos, 94, 109
Leucipo, 51-52, 55-56, 60, 115
Ley, natural, 28, 253
estoicos, sobre la, 116
Libre albedrío, humano, 116

Liceo (de Aristóteles), 75, 106-11, 113, 270
Lindisfarne, 406
Lluvia, 191, 321
Lógica, 59, 237, 238, 245, 247, 269-270, 284, 292
  orígenes de la, 50, 61-62
Lucano, 246
Lucrecio, 114, 208, 188
  De la naturaleza de las cosas, 185, 187
Lugar natural, doctrina de Aristóteles del, 88-89
Lugar:
  discusiones medievales sobre el, 316, 370, 458
  doctrina del, de Aristóteles, 88, 316
  Estratón acerca del, 112
Luna:
  distancia de, desde la Tierra, 136-137
  naturaleza de, 84
Lupitus, 242
Luz:
  en la cosmología de Robert Grosseteste, 312-313
  radiación de la, como un proceso incoherente, 391
  reflexión de la, 147-148
  refracción de la, 147-149
  relación de la, como un proceso coherente, 391
  teoría de Aristóteles de la, 101,
  teoría de Estratón de la, 112
  teoría de Teofrasto de la, 110
  teorías de la, en la Europa medieval, 395, 397
  teorías griegas de la, 388-390
  teorías islámicas de la, 390-392
  teorías matemáticas de la, 146-149

Ma'mūn, al, 220, 229
Macrobio, 191, 246
  Comentario al Sueño de Escipión, 192, 251
Madrasahs (colegios de derecho), 226
Magia, 29, 44, 452
  y medicina, 158
Magnetismo, 347
Mahoma, 217-218, 224
Maier, Anneliese, acerca del logro científico medieval, 449
Maniqueísmo, 214
Manṣūr, al-, 218, 220
Manṣūr ibn Ishāq, 410
Mapa Beatus, 325
Mapas, 321-336. *Véase también* Geografía
Mappaemundi, 323-324, 443
Marciano Capella, 208, 246
  Las nupcias de Filología y Mercurio, 193-195, 202, 239, 251
  sobre la astronomía, 338
Marco Aurelio, 109, 170, 195
Marco de Toledo, 260
Mareas, 347, 349
Marginalidad, tesis de la, 224-226
Matemáticas:
  aplicabilidad de las, a la naturaleza, 57, 57-58n., 68-69, 91, 121-123, 151, 258-259, 371-380, 384-388, 454, 455, 462
  babilónicas, 36-39
  de los inicios de la Edad Media, 241-243
  egipcias, 36-37
  griegas, 123-126
  orígenes de las, 36
  relaciones de las, con la astronomía, 131-132, 143-144, 330-331
  relaciones de las, con la física, 131-133, 144, 331-332
Materia, prima, 358, 263. *Véase también* Forma y materia
Materialismo, 54-56
  epicúreo, 116-117
  estoico, 116-118
McMullin, Ernan, y el debate de la continuidad, 451

Mecanicismo, 55, 114, 117, 120
Mecanización, en fisiología, 175
Medicina:
  bizantina, 212
  clerical, 412
  como un oficio, 400
  como una materia de escuela, 410, 415
  culta, 156, 162, 400, 414-415, 417
  doméstica, 31, 412
  egipcia, 41-42
  en las culturas prehistóricas, 31-32
  en las universidades, 411, 414-417
  especialización en la, 31
  europea medieval, 399-414
  griega, 153-177, 399, 404, 432-433
  islámica, 223, 407-409
  medieval inicial, 400-409
  mesopotámica, 44
  monástica, 401, 403-407, 409, 434
  orígenes de la, 31-32
  preventiva, 419
  relaciones de la, con la astrología, 353
  relaciones de la, con la filosofía, 156, 158, 167, 169-170, 177, 408, 410, 415-416
  relaciones de la, con la religión, 41-42, 44, 154-156, 158, 162-163, 177, 403-407
  romana, 169-177, 309-402, 403-404.
  Véase también Enfermedad
Medicina hipocrática, 156-163
Mendicantes, 283
Mentalidad primitiva, 32
Mercurio, movimiento de, ligado al Sol, 128-129, 135, 192, 195, 338
Merton College (Oxford), 268, 372-374, 378, 385
Metafísica, 454-455, 460-463. *Véase también* Realidad subyacente
Metales, 363-364
Metalurgia, 365
Meteorología, 285, 321, 322, 358
  Aristóteles sobre la, 100
Metódicos (escuela de médicos), 169
Método científico, 453-455, 460-464. *Véanse también* Demostración; Empirismo; Experiencia; Experimento; Observación; Percepción sensible; Racionalismo
Metón, 126-127
Mezcla (*mixtum*), 360-362, 363-364
Microcosmos/macrocosmos, 187, 257-258, 312, 347
Milagro, 155, 253, 255-256, 280, 297-298, 308, 403-407
Mileto, 52, 55
Mineralogía, 110
Minima naturalia, 362
Mitología, griega, 45-50
Mitos de la creación, 30
Modelo del cosmos de la dos esferas, 127-129, 70
Molino de agua, 243
Momento (concepto de), 383
Monacato, 203-209, 244
Mondino dei Luzzi, 431
  Anatomia, 431
Mongoles, 234
Monismo, 55-56
Mono de Berbería, 172
Monofisitas, 214-215
Monopsiquismo, 281, 288, 297, 301
Monte Cassino, 203, 260, 294, 401, 410
Montpellier:
  escuela médica en, 415
  universidad de, 426
Morphē, 78n.
Motor:
  identificación del, en el movimiento del proyectil, 381-383
  identificación del, en el movimiento natural, 381
  necesidad de, en todos los casos de movimiento, 89-90, 380
Motor inmóvil, 93-94, 318-319, 347

Motores celestes, 93-94, 301, 306, 318-319
Mousikē, 104-105
Movimiento:
  cantidad de, 376
  celeste, 383
  como una cualidad, 370, 373
  definido, 367
  del proyectil, 90, 212, 381-383
  descripción matemática del, 371-380, 384-388
  en la filosofía mecánica, 454
  forzado, 89-90, 93, 380-383
  infinitamente veloz, 384
  natural, 89-90, 93, 380-381
  naturaleza del, 304305, 369
  representación geométrica de, 374-378
  teoría de Aristóteles del, 86, 89-91, 380-381, 459
  teoría de Estratón, 112
  uniforme, 371, 376, 378
  uniformemente acelerado, 373, 376-379.
  Véanse también Cinemática; Dinámica
Mozárabes, 260-261
Mu'āwiya, 218
Mūsà, hijos de, 220
Museo de Alejandría, 109, 138
Muwaqqit, 226

Nápoles, universidad de, 294
Naturaleza (*physis*), 66, 67, 73, 284, 355
  actitudes prehistóricas hacia la, 25-33
  Aristóteles acerca de la, 81-82
Naturalismo, 51, 67, 253, 255-258, 278, 281, 288, 293, 299, 301, 312
  en medicina, 159, 161, 403
Neleo, 111
Neoplatonismo, *véase* Tradición platónica
Nervios, 165-166, 172-173, 175
  anatomía de los, 164
Nestorianos, 214-216, 220
Newton, Isaac, 25, 72, 454
Nicolás de Damasco, 113
  Acerca de las plantas, 438
Nicolaus Betrucius, 431
Nisibis, 214-216
Nonaturales, 418
Norte de África, 213
Número:
  como realidad última, 57
  teoría de los, 194, 258
  usos teológicos del, 258
Nutrición, 166, 173

Observación, 357. *Véanse también* Empirismo; Experiencia; Experimento; Percepción sensible
Observaciones astronómicas, 333
Obstetricia, 165, 413-141
Occam, Guillermo de:
  sobre el movimiento, 369
  sobre la relación entre filosofía y teología, 307
Odiseo, 46
Odontología, 419
Ojo, anatomía y fisiología del, 164, 172, 390, 393
Omeyas, 218, 233
Omnipotencia (divina), 280, 301-304, 307-309, 328, 370, 407
Óptica, 463
  como un instrumento de conversión, 287
  de Aristóteles, 101
  europea medieval, 394-397
  griega, 145-149, 388-390
  islámica, 230, 232, 390-394.
  Véanse también Luz; Visión
Orden:
  en el ámbito animal y humano, 176-177
  en el cosmos, 67, 71-72, 95
  fuente del, para los estoicos, 118
  fuente del, para Platón, 67-68

Oresme, Nicolás de, 304, 306, 315, 327-330, 462
acerca de la posible rotación de la Tierra, 459
sobre el movimiento, 374-379, 388
sobre la astrología, 353
Oribasios, 400
Orina, análisis de, como herramienta de diagnóstico, 171, 416, 421, 423
Orleans, escuela episcopal de, 425
Otto el Grande, 259
Otto III, 241-242
Ovarios, 165
Ovidio, 246
Oxford:
como centro educativo, 245, 263
universidad de, 265-266, 268, 275-276, 284, 285, 372, 415, 462.
Véase también Merton College

Padua, universidad de, 290, 415
Paideia, 104
Palanca, ley de la, 149-151
Panteísmo, 275, 277
Pantokrator, hospital (Constantinopla), 434
Paperas, 160
Paradojas de Zenón, 59
Paralaje, 137n., 320
estelar, 136
solar, 137
Parálisis cerebral, 158
París:
como centro educativo, 263
escuela episcopal de, 245, 249, 252
universidad de, 265-266, 275-277, 283, 285, 288, 290, 294, 305-306, 372, 375, 415, 462
Parménides, 61
sobre el cambio y la estabilidad, 58-59, 81
Partenón, 107
Partería, 400, 413
Patronazgo, 182
Pecham, John, 305
sobre la luz y la visión, 396-397
Pedro Abelardo, *véase* Abelardo, Pedro
Percepción sensible, 284. *Véanse también* Empirismo; Experiencia; Experimento; Observación.
Pérgamo, 52, 169-170
Peripatéticos, definido, 106
Periplus, 322
Perspectiva visual, 145-146, 388-389
Perspectiva, definida, 388
Pesantez y ligereza, 87
Pesos, ciencia de los, 149-151371
Peste, 154, 363, 424
Peste negra, 424
Peuerbach, Georg, sobre las esferas planetarias, 343
Physiologus, 440
Physis, 118, 355. *Véase también* Naturaleza
Piamáter, 164
Piedra filosofal, 364
Piedras de riñón, 412
Pitágoras, 36, 50. *Véase también* Pitagóricos
Pitagóricos, 57, 57-58n., 62, 69, 123, 181
sobre la aplicación de las matemáticas a la naturaleza, 371
sobre la realidad última, 121
sobre la teoría planetaria, 135
Planetas:
Aristóteles acerca del movimiento de los, 93
conocimiento en Mesopotamia de los, 40
movimiento de los, 128-144, 338, 341-342
movimiento retrógrado de los, 128-129, 130, 338

naturaleza de los, 318
Platón acerca del movimiento de los, 70.
Véanse también Astronomía; Cosmología
Plantas, 400-401
Platón de Tivoli, 260
Platón, 55, 62-71, 100, 105-106, 107, 117, 199, 252, 292
acerca del movimiento planetario, 128
acerca del requisito del movimiento circular de los cielos, 129-130
atomismo geométrico de, 121
cosmología de, 66-71
Fedón, 65-66
influencia, 113, 170, 172, 175
La república, 62-66
sobre el cambio y la estabilidad, 64-65, 80
sobre la aplicación de las matemáticas a la naturaleza, 122, 371
sobre la luz y la visión, 145, 395
sobre las tres facultades del alma, 172
sobre los elementos, 357
Timeo, 67, 70-71, 145, 176, 182, 185, 195-198, 221, 245, 252, 257-258, 273, 312, 318, 347, 394
y la teoría de las formas, 63-66, 76-77.
Véase también Tradición platónica
Plinio el Viejo, 190, 193-195, 209
Historia Natural, 188-189, 192, 241, 322
sobre la astronomía, 338
sobre la medicina, 400
Pneuma, 118-119, 165-16, 172-173, 173n., 174
Pneumáticos (escuela de médicos), 169
Popularización de la ciencia, 183-189, 192-195, 209-210
Porfirio, 216
Introducción a la lógica de Aristóteles, 197
obras lógicas, 241
Portulanos, 325
Poseidón, 46, 51
Posidonio, 184-188
Potencialidad, *véase* Actualidad y potencialidad
Praxágoras, 164
Prehistóricas, actitudes hacia la naturaleza, 25-33
Primer motor, 99, 279-280, 318. *Véase también* Motor inmóvil
Primum mobile, 316, 338
Principios activos, en el pensamiento estoico, 118
Privación, 80
Profatius Judaeus, 340
Profesionales de la medicina:
cifras de, 413-414, 417
judíos, 414
mujeres como, 410-414
tipos de, 153-154, 158, 162, 339-340, 409, 412
Prognosis (médica), 160, 170, 422
Proporción, teoría de la, 194
Providencia (divina), 114, 119, 280, 288, 301, 407
Proyección estereográfica, 334, 336
Pseudo-Apuleius, *Herbario*, 437
Pseudo-Aristóteles:
Acerca de las plantas, 438
Problemas mecánicos, 150
Pseudo-Dionisio, 238
Psicología, 269, 280, 284
Psychē:
como fuente del orden para Platón, 68
teoría estoica de la, 119
Ptolomeo, Claudio, 138, 194, 463
Almagesto (*Sintaxis matemática*), 143, 221, 229, 261, 269, 271, 320, 331-333, 336, 340, 344
Geografía, 185, 326
Las hipótesis de los planetas, 144, 332, 336

modelos planetarios de, 137-144, 332, 342
Óptica, 146-147
sobre la luz y la visión, 147-148, 389-390, 394
Tetrabiblos, 348-349, 351
Pulmones:
teoría de Aristóteles sobre los, 98-99
teoría de Galeno sobre los, 173
Pulso, como instrumento diagnóstico, 165, 171, 416, 421-422
Purga, como terapia médica, 160

Quintaesencia, 85, 93, 212, 318
Quintiliano, 246

Racionalismo, 60, 61, 65, 115, 257, 178, 281, 293, 298-299, 301
en la teología, 247-250.
Véase también Fe y razón
Racionalistas (escuela de médicos), 167, 169
Raymon de Marsella, 339
Rāzī, al- (Rhazes):
Almanzoris, 409, 410
escritos médicos de, 416, 430
Libro del secreto de los secretos, 364
Razón (ratio), 286-387
Razón y revelación, *véanse* Fe y razón; Racionalismo
Realidad subyacente, la cuestión de la, 52-58, 62-66, 72, 76-77
Reflexión de la luz, 147-148
en el arco iris, 321-322
Refracción de la luz, 147-149
en el arco iris, 321, 322
en el ojo, 393
ley de la;, 149
Régimen, 160, 419
Regiomontano, Johannes, 344
Región celeste, 84-85, 92, 119, 212, 314, 318
divinidad de la, 347
Regla benedictina, 203-204
Regla de Merton, 378-380, 462
Regulares, sólidos geométricos, 68-69, 125
Reichenau, 242-243, 401
Reims, 241
Religión, *véanse* Cristianismo; Islam
Renacimiento, 448, 451-452
concepción del, 447
Resistencia, en el movimiento, 384-388
Respiración, 165, 174
Rete mirabile, 172, 175
Retrógrado, movimiento, de los planetas, 141, 192, 196, 338, 341-342
Revolución científica (de los siglos XVI y XVII), 449-456, 460-464
Rhazes, *véase* Rāzī, al-
Ricardo de Middleton, 359
Ripoll, 242
Robert de Courçon, 275
Robert de Chester, 260, 339
Rodas, 182, 184
Roger Frugard, *Cirugía*, 427
Roma, 179-180
Rueda, invención de la, 25
Russell, Bertrand, 22

Salerno, como un centro médico, 409-410, 414-415, 429
Salud, *véase* Enfermedad
Sampson, *véase* Hospital de Sampson (Constantinopla)
Sangre menstrual, en la teoría de la generación de Aristóteles, 98
Sangre, 165, 172-174
Sangría, 166, 419, 426, 427
Santos, culto a los, 403-406
Scoto, John Duns, 307, 359
Secciones cónicas, 126
Secundarias, cualidades, 61, 114
Semen, en la teoría aristotélica de la generación, 98

Séneca, 188, 246, 327
Cuestiones naturales, 251
Septimio Severo, 170
Sevilla, 234
Sexagesimales, números, 37-39
Sierva, ideal de (la filosofía como), 200, 200n., 211, 233, 236, 252, 257, 276, 284, 287, 291, 295-297, 305
Siger de Brabante, 297-301
Sila, 108, 111
Silvestre II (papa), 241. *Véase también* Gerberto de Aurillac
Simplicio, 113, 212
Simulacro, 389
Siriaco, 216, 221
Sistema esquelético, 172
Sistemas numéricos, 37-39
Sobrenatural, lo:
como distinto de lo natural, 29, 51, 72-73
definido, 51
en el pensamiento epicúreo, 114
en el pensamiento medieval, 255-256, 281, 293, 299.
Véase también Naturalismo
Sócrates, 62, 105
Sofistas, programa educativo de los, 105
Sol, distancia del, desde la Tierra, 136-137
Sólidos platónicos, 68-69, 125, 193
Solsticios, 70, 128
Sorano, 400
St. Gall, 401
Stoa poikilē, 107, 108, 116, 270
Sulfuro-mercurio, teoría del, 363-364
Sustancia, 77, 356-357, 360
Swineshead, Richard, 372
acerca del movimiento, 388
Symonds, John A., 447-448

Tābit ibn Qurra, 221, 233, 319-320, 340
Tablas alfonsinas, 344-345
Tablas astronómicas, 339-340
Tablas toledanas, 339, 344
Tales, 50, 52, 54
Tecnología:
medieval, 243
relación de la, con la ciencia, 21, 24, 26
Teleología:
denuncia de la, por parte de Lucrecio, 187
en Aristóteles, 83-84, 455
en el pensamiento estoico, 120
en Galeno, 176, 177
en Teofrasto, 110.
Véase también Causa final
Temistio, 212
Temperatura, 374
Tempier, Etienne, 299-305
Tensión, teoría estoica de la, 119
Teodorico de Freiberg, 321
Teodorico el ostrogodo, 197
Teofrasto, 75, 109-110
Acerca de las piedras, 110
Teología natural, 176
Teología:
como una ciencia, 24
relación de la, con la ciencia, 317, 329, 330, 370
relación de la, con la filosofía, 257, 281, 283, 288, 291-303, 330
Teológicos, estudios, 245-250, 263, 26, 269, 291, 305-306
Teorema de la velocidad media, 378, 462
Terremoto, 50, 101
Terrestre, región, 84-85, 119, 212, 314, 316, 347
Tertuliano, 164, 199
Theorica planetarum (*Teoría de los planetas*), 342-343
Thierry de Chartres, 252-253, 258, 312
Thorndike, Lynn, acerca del logro científico medieval, 448

Tierra:
circunferencia de la, 88, 137, 185, 192, 312, 321
como elemento, 56
figura de la, 52, 69, 88-89, 193, 209, 312, 321
posible rotación diurna de la, 135, 326-328, 329, 459
Tintorería, 365
Tío (tribu africana), 29
Tito, 188
Toledo, 233, 260
como centro de traducción, 410
Tradición aristotélica, 109-113, 212, 269, 274-277, 284, 290-297, 301-304, 306, 309, 313-314, 351, 356, 457-460
Tradición estoica, 120, 170, 176, 184-187, 199, 251, 253, 312, 315-316, 318, 347
Tradición platónica, 108, 113, 172, 176, 182, 185-186, 186n., 193, 199, 212, 223, 237, 238, 251, 255, 258, 262, 274, 277-278, 285, 290, 312, 359, 381, 395
Traducción:
a lenguas vernáculas europeas, 418, 427, 440
desde el árabe al latín, 250, 259-260, 273, 313, 339-340, 350, 351, 364, 382, 394, 410, 457
desde el griego al árabe, 216, 220-223, 332, 364, 382, 389, 407
desde el griego al latín, 195-198, 206, 250, 259, 262, 273, 313, 340, 350-351, 394, 400, 440
desde el griego al siriaco, 216
Transmutación de los elementos, 68-69, 85-86, 320-321, 351, 358, 363
Trepanación, 428
Trepidación, 230
Triaca, 420-421
Trigonometría, 141
esférica, 333
Trinidad (divina), 295
Trivio, definido, 185
Trompas de Falopio, 165
Trópico de Cáncer, 127-128, 334
Trópico de Capricornio, 127-128, 334
Trotula, 413-414
Troya, guerra de, 46
Tubinga, universidad de, 417
Turín, universidad de, 417

Ulug Beg, 334
Universidades:
como gremios, 263-264
currículum de las, 267, 268-270, 274-277, 283, 306, 458
matriculación en las, 266
organización interna de las, 265
orígenes de las, 262-265
relaciones de las, con la Iglesia, 266
Véanse también los nombres de universidades concretas
'Uṯmān, 218

Vacío, 55, 114, 117, 175, 301-306, 459
Aristóteles sobre la inexistencia del, 86-87
Estratón sobre el, 112
extracósmico, 315
movimiento en el, 86-87 384-385
teoría estoica del, 117
Vacuum, *véase* Vacío
Varrón, 188, 192-195
Los nueve libros de las disciplinas, 185
Velocidad:
como término técnico, 91
como una medida del movimiento, 371-372, 383-384, 386-387, 461
instantánea, 373
Vena cava, 173
Venas, 164, 167, 172-174
Venus, movimiento de, ligado al Sol, 128-129, 135, 192, 195, 338

Vesalio, Andrea, 433
Vespasiano, 188
Viajes de exploración, 325
Vic, 241, 242
Virgilio, 246
Visión, 463
  teoría aristotélica de la, 101
  teoría de Teofrasto de la, 110
  teoría platónica de la, 70, 145
  teorías atomistas de la, 145, 389
  teorías de la intromisión, 145-146, 389-391
  teorías de la proyección, 1110, 145-146, 389-391, 393, 395
  teorías de la, en la Europa medieval, 394, 397
  teorías griegas de la, 389-390
  teorías islámicas de la, 390-394
  teorías matemáticas de la, 145-147, 388-390, 393, 394-395
Vitruvio, 188
Vivarium, 206, 401
Vivisección, humana, 164
Voltaire, François Marie Arouet de, 447

Wearmouth (monasterio de), 209
Witelo, 397

Yahyà ibn Barmak, 218
Yates, Frances, 452
York, 237
Ŷundišāpūr, 215-216, 220
Yurŷis ibn Bajtišū`, 220

Zarqālī, al-, 339
Zenón de Citium, 108, 116
Zenón, (de Elea), 62
  acerca del cambio y la estabilidad, 60
Zeus, 46-48, 56
Zodíaco:
  definido, 40
  signos del, 351
Zonas climáticas, 323, 324
Zoología:
  de Alberto Magno, 292
  de Aristóteles, 94-99
  medieval, 439-443
Zoroastrismo, 214

Este libro es el primer intento de dar una visión global de la ciencia en el mundo antiguo, de escribir una historia de la ciencia medieval en su conjunto, y de presentar una exposición detallada y unificada del asunto en un único volumen. En él, David C. Lindberg narra con energía el desarrollo de las ideas prácticas e instituciones científicas a las que dio lugar los albores del pensamiento humano, desde la filosofía presocrática griega hasta el escolasticismo medieval.

Lindberg revisa los temas más importantes de la historia de la ciencia antigua y medieval relativos a materias como las matemáticas, la astronomía, la mecánica, la óptica, la alquimia, la historia natural y la medicina. Además, ofrece un iluminador relato de la transmisión del conocimiento científico desde la antigua Grecia al Islam y posteriormente a la Europa medieval. La prosa sencilla y vigorosa de Lindberg, la nítida estructura de su libro, satisfarán tanto a los especialistas como a los legos en la materia, proporcionándoles abundante información. A lo largo del libro, el autor presta especial atención a los contextos culturales e institucionales en los que se creó y difundió el conocimiento científico y a los modos en que la filosofía y la religión influyeron en el contenido y la práctica de la ciencia.

Aunque se apoya en un amplio cuerpo de investigación llevada a cabo en las últimas décadas por diversos historiadores de la ciencia, de la filosofía y de la religión, Lindberg no duda en proponer nuevas interpretaciones y en aventurar opiniones prestas a resolver antiguas disputas históricas.

Una impresionante colección de inusuales y excepcionales fotografías, mapas y figuras ilustran bellamente el texto.

ISBN 84-493-1293-0
71035
9 788449 312939

PAIDÓS ORÍGENES